

CATNO. 84105
Itemid. IIP251

International
Institute of Parasitology
395a Hatfield Road
St. Albans, Herts
AL4 0XU
England

B.3073

北海道農業試験場報告

第四十八号

大豆線虫の形態並びに生態に關する研究

REPORT No. 48

March, 1955

HOKKAIDO NATIONAL AGRICULTURAL EXPERIMENT STATION

KOTONI, SAPPORO, JAPAN

Yoshihiko TOCHINAI, *Director*

Studies on the Morphology and Ecology of the Soy Bean Nematode,
Heterodera glycines, in Japan

By

Minoru ICHINOHE

昭和三十年三月

北海道農業試験場

札幌市琴似町

ICH

ICH



THE UNIVERSITY OF CHICAGO
LIBRARY
CHICAGO, ILL.



本報告には農林技官一戸稔の提出に係る大豆線虫の形態並びに生態に関する研究成績を登載する。

昭和三十年三月

北海道農業試験場長

農学博士

枡内吉彦

大豆線虫の形態並びに生態に関する研究¹⁾

農 林 技 官 一 戸 稔

目 次

第一 緒 言	2
第二 研究歴史並びに分布	4
1. <i>Heterodera</i> 属の研究歴史	4
2. 大豆線虫の研究歴史	5
3. 大豆線虫の分布	6
第三 材料及び方法	7
1. 供 試 材 料	7
2. 形態の調査方法	7
3. 生態の調査方法	8
第四 大豆線虫の形態	9
1. 雄虫の形態	9
2. 雌虫の形態	13
3. 卵及び幼虫の形態	18
第五 大豆線虫の生態	25
1. 生活史・幼虫の生態・産卵	25
2. 札幌地方における年間世代数	33
3. 寄主植物への影響と寄生範囲	38
4. 「ツルマメ」への寄生	44
第六 小麦に寄生する <i>Heterodera major</i> について	46
1. 病原線虫及びその分布	46
2. 植物の病徴	47
3. 線虫の形態	48
4. 寄 主 植 物	51
第七 摘 要	53
第八 参 考 文 献	56
Résumé	59

1) 本報告の一部は昭和28年度札幌農林学会講演会及び昭和29年度北日本病害虫研究会において発表した。

第一 緒 言

土壤中に生活している所謂土壤線虫とこれに近縁と称せられる植物寄生性の線虫は、共に作物の栽培及び生育に対して少なからぬ影響を与えているが、植物寄生性の線虫のうち特に *Heterodera* 属の線虫は、根に寄生してその發育を妨げひいては植物体全体の生育に著しい障害を与えるものである。しかし大豆線虫 (*Heterodera glycines*) はわが国及び朝鮮、中華民国東北(満洲)などに分布し、大豆に広く發生をみている所謂“大豆萎黄病”の病原線虫で、わが国において従来知られた *Heterodera* 属の唯一のものであつたが、近年千葉県下に發生を認めた小麦の根に寄生する線虫は筆者によつて *H. major* なることが確かめられ、ここにわが国の *Heterodera* 属は2種を数えることとなつた。本報告は筆者が昭和29年までに行つた大豆線虫の形態学的並びに生態学的研究の概要を取まとめたもので、併せて *H. major* について記録せんとするものである。

一般に作物が *Heterodera* 属の線虫の寄生を受けると、根の發達が著しく妨げられるばかりでなく、通常、地上部の生育にも特異な病徴を表わし、作物はその寄生によつて著しく収量を減するのが常である。しかし線虫の防除は極めて困難であつて、現にヨーロッパ及びアメリカなどでは甜菜や馬鈴薯に寄生する *Heterodera* 属線虫のために、これらの作物の栽培は長い間甚だしい制約を受けて来たところである。

Heterodera 属にはこれまで十數種が記載されているが、これらの種類はいずれもその寄主植物を異にし、最近までは形態的に互に識別が極めて困難なためにすべて甜菜線虫 (*H. schachtii*) として扱われたものである。同一種の線虫が全く異なる植物にそれぞれ寄生することについては、甜菜線虫に多くの“系統”(biologic strain)が存在するものとして説明されたが、一方では、これら同一の種に属する系統が、例えば甜菜、燕麦、馬鈴薯、豌豆などの植物のうちのいずれに寄生する系統であるかを相互に識別することは、耕種技術上からも極めて必要なことであつた。しかるに1941年にFRANKLINによつて甜菜線虫の2,3の系統について形態上の相違が明らかにされ、それぞれの“系統”は独立した“種”と認められるに至つた。一般に植物寄生性の線虫、例えば *Aphelenchoides*, *Pratylenchus*, *Meloidogyne* などの諸属についてみても、各属の種類を同定するのに用いる形態的な差異は極めて細微で

2) わが国において古くから知られた根瘤線虫 (*Heterodera marioni*) は近年 CHITWOOD (1949) により *Meloidogyne* 属とされたので本報告ではこれに従つた。

あるが、各種類は生態的に寄主植物を異にしている点で耕種面にも重大な差異をもたらす場合が多い。

大豆線虫による大豆作の被害は近年特に著しく、かつほとんど全国的な範囲にみられるようになった。大豆の主産地である北海道十勝地方における被害は特に甚だしく且つ広汎で、同地方芽室町における 1952 年の被害実態調査によつて 1 例を示せば、同町では全畑作面積 16,656 町歩のうち、その 4 割強に当る 6,935 町歩に豆類が作付され、そのうち大豆萎黄病の発生を確認した圃場は 3,483 町歩に及び、これは全豆類圃場の 5 割を超えるものであつた。またこれらの圃場における大豆の線虫による減収は、平均減収率 41.3% と算定され、本病による同町の被害額は大豆に換算して 115,000,000 円と推定された。線虫の寄生によつて大豆がその生育を阻害されることは、1953 年に同町において行つた大豆品種の線虫抵抗性試験によつても明らかで、大豆の 15 品種を普通程度の発病をみた圃場に供試した結果は、被害株は健全株に比し草丈において約 2 割、1 株の全重では 7 割、子実重では 8 割のそれぞれ減少が認められた。

大豆線虫のほかの *Heterodera* 属線虫の発生については、前に一言したようにこれまでわが国では全く報告されていない。しかし、千葉県下の一部にかなり以前から小麦の根に *Heterodera* 属の 1 種の寄生することが認められ、1953 年に関東々山農業試験場近藤鶴彦技官より小麦の被害標本を寄送せられてこの線虫について調査する機会を得た。本線虫の寄生による植物の病徴、被害などについての調査は未だ不充分であるが、線虫の形態及び生態の 2,3 について調査を了え、その結果、本線虫が *Heterodera major* であることが明らかとなつた。

本研究は北海道農業試験場次長桑山覚博士、同病理昆虫部長田中一郎技官、同有害動物研究室長武笠耕三技官の御指導並びに御鞭達によるものである。調査にあつては、小山陸寛、安田輝雄、浅井三男、その他多くの方々の多大の御協力を得た。また本研究には英国ローザムステッド試験場 Dr. M. T. FRANKLIN、同ケンブリッジ大学 Dr. F. G. W. JONES の両氏より寄与せられた貴重な線虫標本を用い、更に農林省関東々山農業試験場近藤鶴彦技官には小麦の線虫の材料及び資料を送られ且つ研究の機縁を与えられた。なお恩師北海道大学農学部教授犬飼哲夫博士には本報告を校閲せられ有益な助言を賜わつた。本文に入るに先立ち以上の各位に対し深く感謝の意を表する次第である。

第二 研究歴史並びに分布

1. *Heterodera* 属の研究歴史

1859年にドイツでそれまで“甜菜嫌地病”と一般に呼ばれていた甜菜の1病害が、或る種の線虫の寄生に起因することを初めて報告したのは SCHACHT であつて、この病害線虫に対して SCHMIDT (1871) は新たに *Heterodera* なる属を設け、甜菜線虫 *H. schachtii* と命名した。これよりのち約 100 年間、甜菜線虫はヨーロッパの各国及びアメリカの甜菜栽培地帯に極めて普通に分布し、甜菜の最も重要な病害の 1 とされて今日に至つた。

KUEHN は 1874 年にドイツにおいて燕麦、大麦、小麦に寄生する線虫で形態的には前記の甜菜線虫に極めて類似した 1 種を認め、VOIGT (1892) は、この燕麦、小麦などに寄生する線虫と甜菜に寄生する線虫とは相互に形態的には区別されないが寄生範囲では全く異なつてゐることを明らかにし、*Heterodera schachtii* には甜菜に寄生する“系統”と燕麦に主として寄生する“系統”とがあるとした。一方 LIEBSCHER (1890) はドイツ、ゲツチンゲンより、豌豆が *H. schachtii* に類似する 1 線虫によつて著しい被害を受けたことを報告し、1892 に本年線虫を新たに *H. göttingiana* と命名した。ドイツ及びイギリスでは馬鈴薯が *Heterodera* の 1 種によつて年々著しい被害を受けることが古くから知られていたが、この病原線虫を KUEHN (1881)、MARCINOWSKI (1909)、ZIMMERMANN (1914) らは馬鈴薯に特に寄生上の適応を示した *H. schachtii* の 1 “系統”と考えたのに対し、WOLLENWEBER (1923) はこの線虫を“種”と認めて新たに *H. rostochiensis* として記載した。本線虫はヨーロッパの中部乃至北部にわたつて広く分布し、1941 年には初めてアメリカからも *golden nematode* と呼ばれて報告された。

これらの甜菜、燕麦、豌豆、馬鈴薯の各植物に寄生する線虫は、形態的には甜菜に寄生する *H. schachtii* に極めて類似しているため、近年まで同一種 *H. schachtii* の異なる“系統”として扱われた。即ち甜菜以外の特定の植物だけで永い間世代を繰返した線虫は、その植物に対し著しい寄生上の適応を示すようになり、遂に元来の寄主植物である甜菜には寄生し得ない新しい“系統”を形成するに至つたものと考えられた。しかし 1940 年に至つて FRANKLIN は各線虫間の形態的な差異特に雄成虫の生殖器の形態、雌成虫の体表の形態などからみて各線虫が明らかに“種”として識別されるべきことを指摘し、燕麦、豌豆、馬鈴薯の各植物に

寄生する *H. schachtii* の 3 系統について、それぞれ O. SCHMIDT (1930), LIEBSCHER (1892), WOLLENWEBER (1923) の記載にもとづいて再び種として認めることを報告した。その後 FILIPJEV & SCHU. STEKHOVEN (1941) が *H. cacti*, *H. galeopsidis* を記載したのを初めとして多数の種が記載されている。

Heterodera 属のうち古くから知られている主要な 4 種の線虫について従来の報告にもとづきその寄主植物及び分布を記すると第 1 表の如くである。

第 1 表 *Heterodera* 属 4 種の寄生範囲と発生分布

種 類	寄 主 植 物	分 布 地
<i>H. schachtii</i> SCHMIDT, 1871	アカザ科, ジウジバナ科を主とする。その他タデ科, ナデシコ科, ヒユ科, ツルナ科, Onagraceae, クチビルバナ科の各科の 1 種又は数種にも寄生する。	イギリス, ドイツ, フランス, オランダ, ベルギー, スウェーデン, デンマーク, ソ連, カナダ, アメリカ, オーストラリア
<i>H. göttingiana</i> LIEBSCHER, 1892	豌豆, 蚕豆を主とし, ソラマメ属 (<i>Vicia</i>) の他の数種にも寄生する。	ドイツ, フランス, イギリス
<i>H. rostochiensis</i> WOLLENWEBER, 1923	馬鈴薯, トマトを主とする。その他ナス科 (特に <i>Solanum</i> 属) の数種にも寄生する。	イギリス, ドイツ, デンマーク, スウェーデン, アメリカ
<i>H. major</i> O. SCHMIDT, 1930	燕麦, 大麦, 小麦を主とする。その他ヤバネオホムギ, ライムギなどにも寄生する。	ドイツ, スウェーデン, デンマーク, オランダ, ノルウェー, イギリス, オーストラリア, カナダ, モロツコ

2. 大豆線虫の研究歴史

堀正太郎 (1915) は、大正 4 年病害虫雑誌第 2 巻第 11 号に「線虫の寄生による大豆嫌地病 (虫癭病)」と題して大豆線虫に関する最初の報文を公表した。これによると、同氏は大正 4 年 7 月に福島県白河軍馬補充部支部農場に発生した大豆の病害について、その病原虫が当時既に一般に知られていた根瘤線虫と異なることを認め、内田清之助に依頼して線虫の雌成虫幼虫を観察した結果から、ヨーロッパで報告されている「甜菜嫌地病」の病原虫 *H. schachtii* に近似の種類であることを確かめ、同時に、豌豆に寄生する線虫としてドイツより報告されている *H. göttingiana* と大豆の病原線虫とを比較する必要があると述べている。次いで

大正 5 年に石川滝太郎 (1916) は、従来新潟県下到大豆に年々発生する「月夜病」と呼ばれる病害があつて同県中魚沼郡正面ヶ原ではこのため大豆の栽培が不能に陥つたが、その病原虫は堀の報告した線虫と同一のもつと考えられると報告した。伊藤誠哉 (1921) によれば、北海道の胆振、渡島両支庁管内の大豆に発生する線虫による病害は既に十数年以前から同地方で認められていたもので、病原線虫は雌成虫及び幼虫の形態から判断して甜菜線虫と同一種であるとした。同氏は同時に大豆の病状、防除法などについても詳細に報告し、また本病害が俗に「大豆嫌地病」、「月夜病」、「月夜立」、「スツコム」など各様に呼ばれていることについて、これらの名称はいずれも意義不明確であり、勝藤孝一 (1919) と共に新たに「大豆萎黄病」と呼ぶべきことを提唱された。田中友右衛門 (1921) は茨城県下に発生する大豆の「月夜病」を調査し、本病が線虫の寄生に起因することを確かめ、病原線虫は根瘤線虫及び甜菜線虫のいずれとも異なる種類であろうと報告した。

藤田勝正及び三浦修 (1934) は大豆線虫の寄生範囲について調査し、寄主植物が大豆、小豆、菜豆、花豆の 4 種に限られ、甜菜、豌豆、馬鈴薯、燕麦、クロバーその他の多数の植物には寄生しないことを明らかにし、GOODEY (1936, p. 222) はこの報告を引用して大豆線虫を以て *H. schachtii* の新しい 1 系統 (race) とした。FRANKLIN (1940) は甜菜、馬鈴薯、豌豆、燕麦の夫々に主として寄生する“系統”を“種”と認め、*H. schachtii* の種名をそれまでの「甜菜系統」即ち主としてアカザ科及びジウジバナ科の植物に寄生する系統に対して用いたが、以後大豆に寄生する線虫の種名については形態的な研究報告がないために不明確なものとなり、一般には *H. schachtii* の学名を用いていたがこれと見解を異にする報告も多々みられた。例えば FRANKLIN (1951, p. 66) はその著書に大豆線虫を以て種名未定の 1 種となし、また FILIPJEV & SCHU. SIEKHOVEN (1941, p. 601) 及び GOFFARI (1952, p. 89) は大豆線虫を以て *H. göttingiana* とした。大豆線虫の生態学的な研究にはこのほかに岩田健一 (1941) による大豆萎黄病防除のための輪作試験、石川正示ら (1943) の満州における同線虫に対する大豆品種間差異試験などの報告がある。筆者は *Heterodera* の数種についてその形態を比較した結果から大豆線虫を以て新種と認め、1952 年に記載を与えて *Heterodera glycines* と命名した。

3. 大豆線虫の分布

大豆線虫の国内における分布について桑山覚 (1953) の「日本における大豆害虫の分布と害相」によれば、北海道ではその南半部即ち噴火湾及び太平洋沿岸の火山灰地帯に広く発生を

み、関東地方ではその全田に、東山地方では長野県、山梨県、新潟県下の山間畑作地帯、中国地方では島根県下の2箇村、及び九州地方に発生が認められると報告されている。東北地方の発生については特に記されていないが、その全5県下到大豆萎黄病の発生をみることは以前から知られているところである。横尾多美男(1936, p. 168)によれば朝鮮においても局所的に本線虫の分布が認められるが、分布地域については明らかでない。中華民国東北(満洲)では中田覚五郎及び明日山秀文(1938, p. 62)による「満洲国主要農作物病害調査報告」により、本線虫が満洲浜江省呼蘭、竜江省齊々哈爾、洮南、吉林省公主嶺などの各地に広く分布し、同地域における大豆の被害もまた甚だ大であることが報告されている。以上の東亜諸地域以外においては大豆線虫の分布について従来その報告をみない。

第三 材料及び方法

1. 供 試 材 料

北海道農業試験場内の圃場に設置した縦横共に1mのコンクリート製試験枠に3年間以上



第1図 北海道農業試験場内にある線虫試験枠

大豆を連作したが、主としてこの土壤中に棲息している線虫を供試した(第1図)。このほか北海道河西郡芽室町新生及び同千歳郡恵庭町島松の発生地から得た線虫をも供試した。

2. 形態の調査方法

大豆を試験枠に播種し、発芽後生育の各期にある大豆を抜取り、根に寄生した線虫を観察した。大豆の品種は主

として「石狩白1号」を用いた。大豆線虫は雌虫雄虫の或る時期を除き大部分の時代を根の組織中において發育するので、この態の線虫を得るには主として Goodey (1937) による酸性フクシン・ラクトフェノール液³⁾を用いる方法によつた。このためには充分に水洗した大

3). ラクトフェノールの処方重量比で石炭酸 20, 乳酸 20, 蒸溜水 20, グリセリン 40で、これに酸性フクシン 0.05~0.1を加える。

豆の根を煮沸しているラクトフェノール液⁴⁾中に入れて染色し、1 分後根を取出して直ちに水洗し、のちアルコールにより順次脱水し、最後に丁字油により透過させる方法であるが、この過程のうち染色及びその後の水洗までを同様に行い、のち根を染色剤を含まない無色のラクトフェノール液⁴⁾中に常温で浸漬して根の組織を透過させる方法があり、一時的に被験材料を得るには後者による方が遙かに操作が簡便であり、また充分であつたので主としてこれによつた。これらの操作を経れば根の組織はほとんど透明となり、内部に寄生している線虫だけが赤色に染色されて見えるので、根を解剖顕微鏡下で検索すれば容易に線虫の位置を知ることが出来る。線虫は解剖針を用いて根の表皮を裂き、その中から取出したが、これらの操作によつて線虫の体が損傷しまたは歪曲されることは殆んどない。試験梓より抜取つた大豆の根は、直ちに調査する場合以外は水洗したのちホルマリン 5% 液⁴⁾中に入れて固定し保存したが、ホルマリン液中に長期間入れた根では組織がやや透明となり、このような根からは染色することなく線虫を得ることが出来た。

雄成虫を得るには、生育の進んだ大豆の根を拔取り、水洗したのち湿潤にした大型シャーレに入れ、25°C の恒温器中に 1 昼夜以上静置することによつて大部分の雄成虫が根の周辺に出るので解剖顕微鏡下で観察しながら針を用いて取出す。雌成虫の發育の進んだものは根の表皮の外部に肉眼で認められる。第 2 幼虫はシストを水道水中に数日間放置して孵化したものを用いた。

線虫はシストの時代を除き虫体がほとんど透明で体内の諸器官はそのまゝ観察が出来るので、酸性フクシンで染色した場合のほかは生体のまま又は加熱により斃死した個体を供したが、このほかにこれらの個体をホルマリン醋酸液 (formal-acetic mixture) 中に保存し同液中で観察した。線虫の形態、特に食道腺、phasmid などの細微な器官や形態の観察にはホルマリン醋酸液を用いて保存した場合が最も良好であつた。線虫の頭部、尾部などの先端部の形態を正面から観察するためには、その部分を体から切離してスライドガラス上に溶融するグリセリンゼリー中に包埋し、その乾涸後に行つた。

3. 生態の調査方法

生態の調査方法は前述の形態の調査方法に準じ、試験梓に栽植した大豆を発芽直後から生育の順を追つて拔取り、根の組織中の線虫の發育を観察した。この調査には大豆の根を先ず

4) 40%ホルマリン 10cc, 氷醋酸 10cc, 水 80ccの混合液である。

ラクトフェノール液中の酸性フクシンによつて染色したのち無色のラクトフェノール液で透過させる方法を主として用いた。その他の調査方法については後述する。なお試験管内の地温は地表からの深さ 0, 5, 10, 20, 30 cm について毎日午前 10 時に観測し記録した。

第四 大豆線虫の形態

大豆線虫の分類学上の位置は GOODEY (1951) に従えば次の如くである。

門 Nematelminthes VOGT

綱 Nematoda RUDOLPHI, emend. DIESING

亜綱 Phasmidia CHITWOOD & CHITWOOD, 1933

目 Tylenchida THORNE, 1949

上科 Tylenchoidea CHITWOOD & CHITWOOD, 1937

科 Heteroderidae THORNE, 1949

亜科 Heteroderinae FILIPJEV, 1934

属 *Heterodera* SCHMIDT, 1871

大豆線虫の学名としては *Heterodera glycines* ICHINOHE, 1952 を用いる。

Heterodera 属は植物寄生性の他の属と比較して多くの形態的な相違点を持つており、特に雌成虫の外形が球形乃至レモン形であること及び雌成虫が包囊(シスト)を形成することなどによつて最も容易に区別される。一般に線虫類は外形が細長い線状又は円筒状の蠕虫形であるが、このような定型的な外形は *Heterodera* 属では雄成虫と初期の幼虫にみられるだけで、雌成虫及び寄生中の幼虫ではこの形が全く失われ、植物への寄生生活に起因する体制の分化が最も著しい属と考えられる。大豆線虫の雄成虫、雌成虫、幼虫、卵の形態について夫々に記する。

1. 雄虫の形態

(1) 外形 雄成虫は体が細長い線状の外形を有し、主として土壤中に自由生活を営むため寄生生活に起因する体制の分化は少なく、水中では極めて緩慢に運動する。体の前端にある頭部は半球状を呈し、後端にある尾は短かく鈍円に終り、尾部は通常腹側に曲る。雄成虫の体の大きさは次の如くである。

体の長さ 1.2~1.4 mm (平均 1.33 mm)

体の幅	27~31 μ	(平均 28.6 μ)
尾の長さ	1.7~5.5 μ	(平均 3.5 μ)

口腔には発達した口針があつて先端の口より外部に出入し、表皮及び筋肉は稍透明で体内が透視され、口腔より発し体の後方に向う消化器官と体の後半部に発達した生殖器官が体腔の大部分を占める。このほか泌尿、神経の各器官があり、また尾部に近い腹側では交尾器が明瞭にみとめられる。

(2) 表皮 表皮はキチン質の所謂クチクラ (cuticle) より成り、透明で、体を外界から保護する。線虫は体の最外層がクチクラで蔽われているため体の生長につれて数回の脱皮を行うが、人豆線虫では脱皮は4回みられ、脱皮に際しては表皮と、表皮が体内に転入している部分即ち口腔、排泄孔、肛門などのキチン質を脱し (第2図版, 6)、その下面に新しく生じたクチクラが表皮となり、脱皮毎に体の外形と大きさを変える。雄成虫の表皮には体の前端から尾端まで体を環状に取巻いている無数の条線 (切込み) が認められ横条 (annulations 又は transverse striations) と呼ばれる (第3図版, 4)。横条の幅は体の部位によって多少の差異があるが1.5~2.4 μ である。クチクラの厚さは3.0~3.5 μ で雌成虫の表皮のような著しい肥厚はなく、3層から成立つている (第3図版, 8)。第1層は最外層の無色透明なクチクラで、表皮にみられる横条はこの層の表面にある。第2層は極めて薄いが断面が柵状構造となるので他の2層から識別される。第3層は最も厚く表皮の厚さの約半分である。体の両側部の“lateral field”と呼ばれる部分ではクチクラは横条を欠き、体の前方から後方に向つて走る4本の縦走線がある。即ち最初体の両側部において2本の縦走線が口針の附近の表皮上から発し、やがて更に2本を加え、4本の縦走線がほとんど平行して尾部に向つて走り、尾端では両側の縦走線が相通じている (第3図版, 9)。

(3) 頭部 頭部 (cephalic region) は体の前端に長さ6.2 μ 、幅11.3 μ の半球状を呈し、体との間には緊縮部を生じている。頭部のキチン質は著しく硬化 (sclerotic) し、その表面には不分明な体と同様の横条を認めるが、その数は4又は5である。*H. rostochiensis*の雄成虫の頭部には8~10の横条が認められた。頭部を正面から観察すると (第3図版, 5)、中央に口 (oral aperture) が開口し、これを中心に放射状に5本の溝が認められ、明らかに6個の唇 (lip) から成立つている。そのうち2個の唇は両側部に、2個は亜背部に、他の2個は亜腹部にそれぞれ位置し、両側部の唇は他の唇よりも形が小である。更に両側部の唇には口の近くに双器 (amphid) の開口部が小さい裂目として認められる。双器は神経と連なる化学

的感応器官の1種と考えられている。唇にある微細な乳髯状の感覚突起(sensory papillae)については明らかにできなかつた。線虫類では頭部が6個の唇から成立っている種類が多く、これが原始型とされている。雄成虫及び第2幼虫の頭部でキチン質の硬化が著しいのは、同線虫の雌成虫や寄生時代にある幼虫の頭部の形態が著しく単純で退化の跡の認められることと対照的で、硬化した頭部が口針の出入のための支持器官であるほかに、線虫が土壤中を移動する際の運動器官として重要な役割を果すものと考えられる。

(4) 消化器官 消化器官(alimentary canal)は口より始まり口腔、食道、腸管を経て排泄腔に終っている。

口 腔：一口腔(buccal cavity)は体の前端部にあり、表皮の転入によつて形成される唇部髯状体(cheilorhabdions)と針状の外形を呈するキチン質の口針(buccal spear 又は stylet)を備える。口針は3部分に分けられる(第3図版, 6)。即ち先端に向つて次第に細くなる針状部分(prorhabdion)と、中央の細長い三角柱状の部分(mesorhabdion)と、後端において瘤状の突起を有しこれが3方向に突出する節球(knob)の部分(telorhabdion)とである。口針の長さ及び形状は種類により一定した形態的な特徴と考えられ、大豆線虫では長さ $25\sim 27\mu$ (平均 26.1μ)で、*H. schachtii*のそれよりも短小であり、また口針後端の節球が側方乃至前方に向つて突出する点でも他の種類のそれと異なっている(第3図版, 7)。口針は先端より後端まで管状の中空構造となつて、後端が食道と直結して体外の栄養物を食道管内に導入する器官であり、また幼虫の根の穿孔や土壤中の移動に際して口針が役立つことも明らかである。

食 道：一食道(oesophagus)は長さ $160\sim 180\mu$ (平均 173μ)の発達した筋肉質及び腺質の細胞から成り3部分に分けられる。第1の部分は細長い円筒状の筋肉壁で後端部がやや細くなつて峽部(isthmus)を形成し、口針に連なるキチン質の細長い食道管がこの筋肉の内側を後方に向つている。第2の部分は食道のほぼ中央部に筋肉が膨大して球状を呈した所謂食道球(oesophageal bulb 又は median bulb)の部分である。食道球は長さ 19.4μ 、幅 12.8μ の楕円形で、その後端は頭端から $90\sim 100\mu$ (平均 94.6μ)に位置する。食道球ではその中心部より放射状に筋肉質繊維が発達し、食道管が真直にその中軸を通り、また中心にはキチン質の歯状装置があつて弁の作用をする。第3の部分は食道球の後方で食道が腸管と連なる部位で、ここには3個の大きな食道腺細胞が認められる。最も明らかな腺細胞は体の背側に拮がる背部食道腺(dorsal oesophageal gland)で、これは食道球を通り口針の節球

の後方約 4μ の位置で食道管内に開口し、他の 2 個の食道腺細胞は亜腹部に位置して食道球の内腔に開口する。食道腺細胞には核がみとめられる。

腸 管: 一腸管 (intestine) は食道に連なる 1 本の管で、生殖器官と合して総排泄腔 (cloaca) によつて外界に開く。直腸は明らかでない。腸管は多量の顆粒状物質で充されるので明らかに他の組織と区別され、体の後方では生殖器官の発達のために背側に押し狭められている。

(5) 生殖器官 生殖器官の原基は既に幼虫の時代から認められ、これが体の發育と共に次第に發達して成虫において成熟に達する。雄成虫の生殖器官 (reproductive organ) は体の後半部の腹側に發達し、消化器官と共に体腔の大部分を占めている。生殖器官としての精巣 (testis) 及び輸精管 (vas deferens) は直径 $16\sim 21\mu$ の細長い管であり、その長さは個体によつて異なるが $650\sim 800\mu$ で、精巣の上端は体の中央又はそれより稍上方部に位置している。精巣の上端近くでは性細胞が密に配列して体幅の大部を占めるが、下方に向うに従つて性細胞の配列は少なく、管は細くなつて輸精管の部分となる。射精管 (ejaculatory duct) としての組織は特に区別されない。生殖管は尾端に近いところで腸管と合して総排泄腔となり、交尾器につらなり外界に開く。交尾器 (spicules) はキチン質より成る特有の外形を有し (第3図版, 10)、全く同形の 2 個が並列する。交尾器は長さ約 34μ で腹面に向つて彎曲した弓状を呈し、その基部はやや広く、前端に向つて次第に細くなり、両側縁は腹側に巻く。交尾器の先端部は 2 分枝した形状となるが、*H. göttingiana*, *H. rostochiensis*, *H. major* などではそれぞれ形状を異にし、これらの種の同定の際の形態的な特徴となる。交尾器の下側には板状を呈する 1 個の副刺 (gubernaculum) があり、長さは $11.5\sim 12.0\mu$ (平均 11.7μ) で、交尾器と同方向にやや彎曲して交尾器を導くのに役立つ。

(6) 筋肉 筋肉 (musculature) はクチクラの下面に接した皮下層として發達する。口腔には口針の出入のための筋肉があり、食道特に食道球には發達した筋肉纖維がみとめられ、また尾部には交尾器の出入に役立つ筋肉がある。

(7) 泌尿器官 泌尿器官 (excretory organ) は充分な器官としては觀察されないが、食道球の後方の腹側面に漏斗状に開口する排泄孔 (excretory pore) と、これに通ずる体の後方より前方に走る尿管 (excretory canal) が認められる。排泄孔の位置は体の前端より $144\pm 11.0\mu$ の腹側にある。

(8) 神経系統 神経系統 (nervous system) としては食道球の後方に食道を带状に

取囲む神経環 (nerve ring) が主なるものである。神経環は神経中樞であつてその組織は透明で不分明である。尾部に近い体の両側には感覚器の1種と考えられている “phasmid” と呼ばれる1対の器官が開口する。phasmid は lateral field の中央部に尾端よりの長さ $2\sim 8\mu$ 常通 ($4\sim 6\mu$) の位置に開口するが、開口部は極めて小さい粒状として認められる。

大豆線虫の雄成虫 10 個体について体長、体幅、その他の体各部の長さを計測した結果は第2表の通りである。

第2表 大豆線虫の雄成虫の体各部の長さ

個 体	体 長	体 幅	口針の長さ	食道の長さ	排泄孔の頭端からの位置	生殖管の長さ
	μ	μ	μ	μ	μ	μ
1	1358	28.2	26.7	165	147	733
2	1300	27.7	26.0	182	142	633
3	1242	27.3	26.7	173	157	725
4	1350	28.2	26.7	173	145	700
5	1392	29.5	25.0	169	150	742
6	1258	28.2	26.7	173	150	725
7	1367	29.0	26.5	178	148	742
8	1383	30.3	26.5	180	143	708
9	1300	27.7	26.2	160	142	750
10	1392	29.5	26.0	178	143	692

$$\alpha (\text{体長/最大体幅}) = 46.7 \quad \beta (\text{体長/食道長}) = 7.7$$

大豆線虫の雄成虫を他の種類のそれと比較して表示すれば第3表の如くである。

第3表 *Heterodera* 属の雄成虫の比較^{a)}

種 類 (寄主植物)	体 の 長 さ	口 針 の 長 さ	交尾器の先端の形状
<i>H. schachtii</i> (mangold)	1.468 ± 0.0095	29.71 ± 0.4104	2 分 枝
<i>H. göttingiana</i> (豌豆)	1.295 ± 0.0188	27.54 ± 0.4047	3 分 枝
<i>H. rostochiensis</i> (馬鈴薯)	1.113 ± 0.0089	27.39 ± 0.4773	分枝せず
<i>H. glycines</i> (大豆)	1.313 ± 0.0980	26.8 ± 0.26	2 分 枝

a) FRANKLIN (1940), 筆者(1952)より引用した。

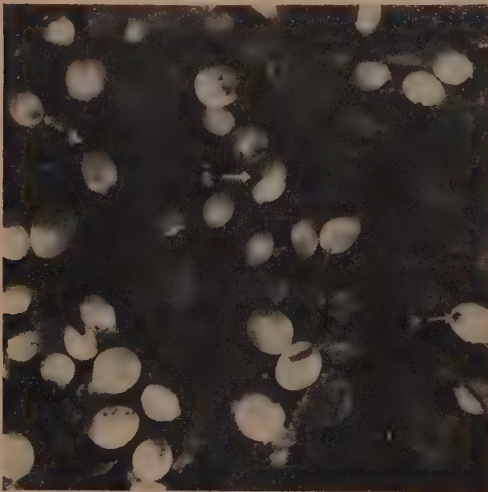
2. 雌 虫 の 形 態

(1) 外 形 *Heterodera* 属の線虫は 極端な雌雄異形を示し、雄成虫が蠕虫形である

に対して雌成虫では体が著しく膨大し、僅かに頭部及び尾部が突出するレモン様の外形となる。このような体制の分化は雌虫の寄生生活の結果と考えられ、運動性を全く欠き、のち根に寄生したままシストに変わる。雌成虫の大きさは体の發育特に生殖器官の發達によつて著しく異なり、またこれに伴つて頸部の長さも一定しない。その範囲は次の如きものである。

体 の 長 さ	0.47~0.79 mm
体 の 幅	0.21~0.58 mm
頸 の 長 さ	0.07~0.10 mm

頭部には口、唇、口針を有し、表皮は透明で、体腔は主として消化器官と生殖器官によつて占められる。特に生殖器官の發達は著しく、体内の卵形成が進むにつれて虫体は益々膨大する。体の後端には生殖孔が開口し、更に膠質の卵嚢を形成する。虫体は發育の当初は白色であるが、その後は黄白色乃至黄色を呈する。雌成虫の体表は“subcrystalline layer”によつて蔽われている(第2図)。



第 2 図 大豆線虫の雌成虫 ×約10

a: 雌成虫の体表に寄生した菌

ら黄色に変わるのは表皮の色の 変化によるものではなく、体内の内容物の 色が変わるためである。

(2) 体 色 雌成虫は根の表皮が破れて外部に虫体が現われた当初は白色であるが、その後虫体内の成熟に伴つて体色は黄色を帯び、雌成虫が褐色のシストに変わるまでの生育期間の大部分は黄白色乃至黄色を呈している。JONES (1950) によれば、雌成虫が大豆線虫のように黄白色乃至黄色を呈するのは *H. galeopsidis*, *H. rostochiensis* などの数種だけで、他の多くの種類では雌成虫はシストになるまで白色を呈する。大豆線虫で体色が白色から

(3) 表 皮 表皮は透明なクチクラであるが、雄成虫の場合よりも遙かに肥厚し(第4図版, 3), その厚さは頸部及び尾部附近で $9\sim 11\mu$, 体の中央部で $7\sim 9\mu$ である。雄成虫の表皮にみられた横条は雌成虫では頭部附近即ち体の前端の $20\sim 30\mu$ の部位に認められるだ

けで、体の大部分では横条を欠いてジグザグ形の不規則な斑紋が認められる。クチクラは明らかに3層より成立し構造上では雄成虫のそれと同様であるが、第3層が雌成虫では更に厚くなり、体の部位によつて表皮の厚さが異なるのはこの層の厚さが変るためである。雌成虫の体表は“subcrystalline layer”と呼ばれる白色不透明の半結晶状の物質によつて一面に蔽われるが、この外皮は雌成虫がシストに変つた当初もなお体表に附着していることが多く、のち虫体から剥がれて脱落する。このものの成因については、体内からの分泌によつて特別に生成されたものと考えられる。なお *H. göttingiana* 及び *H. rostochiensis* の雌成虫では subcrystalline layer を欠いている。

(4) 頭部 頭部は体の前端に小さい隆起として認められ、著しく退化し、雄成虫の頭部にみられた6個の唇やキチン質の硬化は全く認められない。頭部を正面から観察すれば、中央に口があり、口を取巻く唇は単一のクチクラの板状構造となり、更に頭部附近にある横条が口を中心にはほぼ同心円状にみられる(第4図版, 4)。唇の形は略六角形をなしており、これは雌成虫の寄生生活の結果口を中心に配列した6個の唇が退化し、その痕跡をとどめているものと考えることが出来る。*H. schachtii* の雌成虫では、RASKI (1950) によれば唇に通じた神経器官の痕跡が口を中心として体内に6個認められるとされるが、大豆線虫ではこの点については明らかでない。

(5) 消化器官 消化器官は口より始まり口腔、食道、腸管、直腸を経て肛門に終る。

口腔は円筒形でキチン質の唇部桿状体及び口針を備える。口針は長さ $27\sim 28\mu$ (平均 27.5μ) で、雄成虫のそれよりも細い。口針の節球は斜後方に突出する(第4図版, 5)。

食道は筋肉質及び腺質の細胞から成り、また3部分に分けられることも雄成虫の場合と同様である。しかし各部分とも雌成虫の方が遙かに発達しており、このことは雌成虫の發育に必要な栄養量が雄成虫のそれよりも著しく多いことと関連があると考えられる。特に食道の中央部にある食道球は著しく明らかで、その大いさは長さ 39.0μ 、幅 32.5μ に達し雌雄の幼虫、成虫の全時代を通じて最も大である。食道腺細胞のうち背部食道腺もまた大で、1個の核が認められ、食道球を通り口針節球の後方 $2.5\sim 6\mu$ の食道管内に開口している。亜腹部に位置する食道腺は食道球の内腔に開口する。

腸管は食道に続き直腸を経て肛門に通ずるが、体腔内では発達した生殖器官に押され、その形態については明らかでない。腸管は顆粒状物質によつて充たされている。直腸は表皮の転入により形成されたキチン質で、その断面はほぼ楕円形をなし $2.5\mu \times 4.2\mu$ である。肛門

は腹側に開口し、尾端の生殖孔よりは $75\sim 90\mu$ の位置にある。

(6) **生殖器官** 生殖器官は体腔内に渦巻状に発達してその大部分を占有する2本の管から成り、それぞれの管が卵巣(ovary)、輸卵管(oviduct)、子宮(uterus)としての各機能を有するものと考えられるが、その組織上の境界は明らかでない。卵巣には多数の原始卵細胞が認められ、これが卵巣の上端より下方に向うに従つて次第に大きさを増し、上端では生殖管に沿つて2~3列に配列された卵が輸卵管の下部では生殖管の直径にほぼ等しい大きさの卵となつて1列に並び、各様の発生の段階にある卵をみとめることが出来る。2本の生殖管は合して生殖孔(vulva)により体外に通ずる。生殖孔は体の後端にあり(第4図版, 6), 背腹正中線に直角に長さ約 40μ の裂目として認められ、表皮の転入によるクチクフの発達が著しい。

(7) **筋肉・泌尿器官・神経系統** 雌成虫の体を包む皮下層は筋肉より成り、生殖孔の周囲を取巻く筋肉の発達は著しいが、口針の出入に必要な筋肉は顕著でない。尾端において生殖孔を中心として放射状に走るキチン質の隆起を認めるが、これはシストにおいて一層明らかである。泌尿器官として食道球の後方の腹側面に漏斗状に開口する排泄孔と、これに通ずる尿管を認める。食道球の後部には透明な帯状の神経環がある。

(8) **卵囊** 雌成虫の尾端において膠質の卵囊(egg sac)が体に附随している。卵囊は生殖孔を通じて虫体内からの分泌によつて形成されたもので、虫体の約3分の1の大きさで、その表面には通常細かい土砂などが附着している。雌成虫の体内の卵の1部は生殖孔より卵囊中に排出され、その数は個体によつて異なるが通常0~200個の卵が認められる。卵は卵囊によつて外界からの有害な影響、特に乾燥から充分に保護される。根瘤線虫(*Meloidogyne* spp.)の雌成虫では体内に形成された卵の全部が卵囊中に排出されるが、*Heterodera* 属では雌成虫体内の卵の大部分はそのまま体内に残つてシストにより保護され、生殖孔を通じて卵囊中に排出される卵は常にその1部である。このような点から *Heterodera* 属における雌成虫の卵囊を形成することの意義は、根瘤線虫の場合と比較して遙かに少ないものと考えるべきで、JONES (1950)によつても明らかのように、*H. major* では雌成虫に卵囊が形成されてもその中に卵の排出されることがなく、また *H. rostochiensis* の雌成虫では常に卵囊を欠いている。

(9) **シスト(cyst)** 雌成虫の卵形成が進むにつれて体内の諸器官は全く崩壊し、虫体は卵で充された強靱な包囊となり、同時に一層肥厚した外皮はこれまでの黄色から褐色に変

る。これをシストと呼び、シストは寄主植物の根から容易に脱落して土壌中に残存する



第3図 土壌中から取出された大豆線虫のシスト ×約10

(第3図)。シストの形及び大きさは雌成虫のそれと大差なく、体は膨大して前端部が僅かに突出し、後端部は著しく突出している。長さは $0.56 \sim 0.85 \text{ mm}$ ($699 \pm 60 \mu$)、幅は $0.35 \sim 0.59 \text{ mm}$ ($490 \pm 54 \mu$)、長さ/幅は1.43である。*Heterodera* 属の多くの種類はシスト尾端が著しく突出する所謂「レモン形」であるが、*H. rostochiensis* 及び *H. punctata* ではシストの尾端が突出せず円形を呈するので他と容易に区別され、また「レモン形」の種類のなかでも

長さ/幅によつて表わされるシストの外形の異なる場合がある。大豆線虫のシストの大きさは第4表の如くである。

第4表 大豆線虫のシストの大きさ^{a)}

シスト群	長 さ (μ)			幅 (μ)			長さの平均 幅の平均
	最 大	最 小	平 均	最 大	最 小	平 均	
1	808	640	726	589	438	523	1.39
2	850	614	698	547	387	475	1.47
3	791	614	695	564	370	494	1.41
4	800	623	705	555	429	503	1.40
5	757	606	687	572	387	473	1.45
6	774	589	683	547	404	460	1.48
7	808	572	709	547	370	478	1.48
8	808	555	711	581	354	513	1.39
9	741	600	675	572	421	482	1.40
10	808	564	708	581	404	492	1.44

a) 本表は100個体のシストについて10個体ごとの計測値を示した。

新しいシストの最外層には雌成虫のときからの白色不透明な subcrystalline layer があり、また卵嚢をそのままつけていることもあるが、古いシストではこれらを脱して褐色の

外皮を現わす。シストの外皮は厚く2層から成立ち、その最外面にはジグザグ形の斑紋がみとめられ(第4図版, 7), 下層には全面にわたつて細かい点の配列がみとめられて punctation と呼ばれる。punctation の点の大きさや配列は *Heterodera* 属の2, 3の種類 of 形態的な特徴であつて、大豆線虫では明瞭で且つやや平行に配列され、これが尾端に近い部分で一層顕著であるが(第4図版, 8), その他の種類、例えば *H. rostochiensis*, *H. punctata* などでは punctation が平行に配列され、*H. schachtii*, *H. göttingiana* では punctation は小さく不規則に配列される。

シストでは雌成虫の時代の口針、食道、腸管、筋肉などの諸組織や器官は崩壊して認められず、またシストに含まれる卵の数はシストの大きさによつて著しく異なるが100~500の範囲内である。シストの尾端では雌成虫と同様にクチクラの隆起線が明らかである。雌成虫またはシストの2, 3の形質について他の種類のそれと比較すれば第5表の如くである。

第5表 雌成虫またはシストの2, 3の形質の比較^{a)}

種 類	シストの長さ/幅	雌成虫の体色	subcrystalline layer	punctation
<i>H. schachtii</i>	1.4~1.5	白 色	有 する	不 規 則
<i>H. göttingiana</i>	1.2~1.3	白 色	な い	不 規 則
<i>H. major</i>	1.4~1.5	白 色	有 する	不 規 則
<i>H. rostochiensis</i>	1.06~1.09	黄 色	な い	平 行
<i>H. glycines</i>	1.4~1.5	黄 色	有 する	稍 平 行

a) *H. glycines* 以外は FRANKLIN (1940, 1951), JONES (1950) より引用した。

3. 卵及び幼虫の形態

(1) 卵 卵(egg)は外形が長楕円形で両側が平行しまたは一方にやや彎曲し、最外層には透明なキチン質の卵殻(egg shell)を有する(第1図版, 1)。大きさは長さ 0.098~0.118 mm ($107.5 \pm 4.8\mu$), 幅 0.040~0.047 mm ($42.7 \pm 2.1\mu$) である。卵の計測値を第6表に示した。

第 6 表 大豆線虫の卵の大きさ^{a)}

シストの 個 体	長 さ (μ)			幅 (μ)		
	最 大	最 小	平 均	最 大	最 小	平 均
1	112.3	102.4	107.4	47.3	40.6	43.5
2	111.1	102.4	107.4	47.3	41.4	42.9
3	112.3	100.5	108.1	45.3	39.4	42.5
4	110.3	100.5	106.0	45.3	39.4	42.9
5	118.2	112.3	115.1	45.3	41.4	42.6
6	102.4	94.6	99.5	45.3	41.4	43.5
7	118.2	110.3	113.5	45.3	39.4	41.0
8	106.4	98.5	103.6	47.3	39.4	43.7
9	114.3	102.4	108.0	43.3	39.4	40.2
10	110.3	102.4	106.6	47.3	41.4	43.9

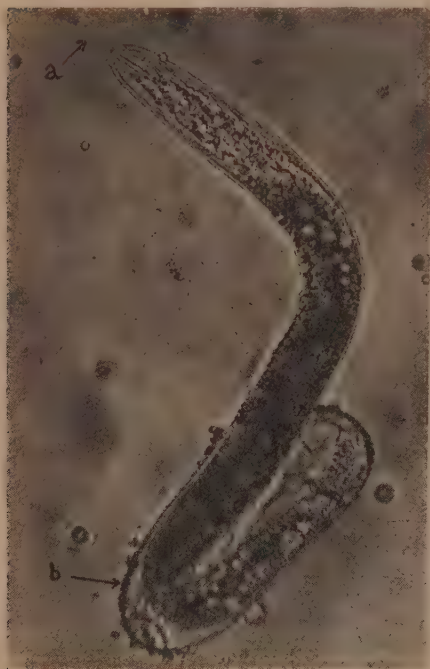
a) 10個体のシストについて各シストからの10卵の大きさを計測した。

卵は発生の当初は灰白色の顆粒状物質で充たされるが、これが発生の進むに従いその一端がくびれて卵殻に沿って伸長し始め、次第に細長い形の幼虫が卵殻内に折りたたまれて形成される(第1図版, 2)。ここに形成された幼虫は第1幼虫であつて、第1幼虫はその後卵殻内で脱皮を了つて第2幼虫となる(第1図版, 3, 4)。卵の形状及び大きさについては *Heterodera* の各種類においてほとんど同様であるが、FRANKLIN (1951) によれば *H. cruciferae* では卵の長さ 93.5μ 、幅 45.75μ で比較的小さく、*H. punctata* では長さ 123μ 、幅 48μ で比較的大である。更に多くの種類では卵の幅が 50μ を超えるものは少ないが、*H. göttingiana* のみは長さ 102μ 、幅 54μ で、卵の幅が著しく大きく外形がやや樽形にみえるので他と区別することが出来る。

(2) 第1幼虫 第1幼虫 (first-stage larva) はやや細長い外形で体を折たたんで卵殻内に発育する。体内は頭部附近を除いて顆粒状物質で充されるが諸器官の分化は全く認められず、その発育の後期において僅かに口針、食道球などの消化器官の原基が識別される

5) 幼虫が孵化前に卵殻内で脱皮を行うことについては、既に *H. schachtii* について STRUBELL (1888), RASKI (1950) により、また根瘤線虫 (*Meloidogyne* sp.) でも同様に卵殻内で幼虫が脱皮することが長倉(1930), CHRISTIE & COHR (1941)らによつて観察された。しかし STRUBELL, 長倉は脱皮を了えて卵から孵化する幼虫を第1幼虫 (Erste Larve) と呼んだのに対し、RASKI, CHRISTIE らは卵内の脱皮前の幼虫を第1幼虫 (first-stage larva), 脱皮を了えた孵化幼虫を第2幼虫 (second-stage larva) と呼んだ。ここでは脱皮によつて幼虫の stage が転換するという一般の見解に従つて後者によつて幼虫を呼ぶ。

(第1図版, 5)。第1幼虫から第2幼虫への脱皮は最初幼虫の頭部附近で明らかに認められ、脱皮したクチクラの中にそのまま第2幼虫が発育を続け、通常、幼虫の孵化の際に初めてこの古いクチクラが脱せられる(第4図)。



第4図 卵から孵化する大豆線虫

の第2幼虫 ×約440

a: 脱皮した第1幼虫のクチクラ

b: 卵殻

(3) 第2幼虫 卵から孵化する幼虫は

第2幼虫 (second-stage larva) であつて、

その発育は既に卵殻内において完成され、孵化後は寄主植物の根に寄生するまで体の生長を行わず、土壤中に自由生活を営む。体は細長い蠕虫形で(第1図版, 6)、全体が透明なクチクラで被われ、前端には頭部が突出し後端は次第に細い尾となる。体の大きさは長さ 450~

490 μ , 幅 18.0~18.5 μ (平均 18.3 μ), 尾の長さは 42.0~47.0 μ (平均 45.0 μ) である。表皮の

クチクラは頭端から尾端に至るまで明らかな

横条を有し、体の両側の lateral field では4

本の縦走線が口針の附近より発して肛門後方

で終つている。頭部は長さ 4.5 μ , 幅 8.9 μ の半

球状を呈し、体とは深い溝によつて分けられ、

3~4の横条とキチン質の著しい硬化構造がみ

られる(第1図版, 8)。頭部の正面では、中央に

口があり、口を中心として放射状に6個の唇が配列し、両側の唇には双器の開口が認められ

る(第1図版, 7)。消化器官は体腔の大部を占め、口より始まり口腔、食道、腸管を経て肛門

に終る。口針は太く、長さは $23.1 \pm 0.2 \mu$ で、口針の節球は前方に向つて著しく突出する。食

道は筋肉質及び腺質の細胞から成り、食道球は長さ 16.5 μ , 幅 10 μ の筋肉の膨大した部分で、

体の前端より食道球後端までは約 69 μ である。食道後部には3個の食道腺細胞があり、この

うち背部食道腺は口針後端より約 4 μ の食道管内に開口し、他の食道腺は食道球の内腔に開

口している。腸管は顆粒状物質で充されて体腔の大部分を占め、直腸を経て肛門から外部に

開く。肛門は体の腹面にあつて尾端からは 45 μ の位置にある。生殖器原基 (genital pri-

mordium) は緻密な原形質塊として体の中央よりやや後方の腹側に近く長さ 15 μ , 幅 8.5 μ

の位置にある。生殖孔は口の前方にあり、口の両側に開口する。口針の節球は前方に向つて著しく突出する。食

道は筋肉質及び腺質の細胞から成り、食道球は長さ 16.5 μ , 幅 10 μ の筋肉の膨大した部分で、

体の前端より食道球後端までは約 69 μ である。食道後部には3個の食道腺細胞があり、この

うち背部食道腺は口針後端より約 4 μ の食道管内に開口し、他の食道腺は食道球の内腔に開

口している。腸管は顆粒状物質で充されて体腔の大部分を占め、直腸を経て肛門から外部に

開く。肛門は体の腹面にあつて尾端からは 45 μ の位置にある。生殖器原基 (genital pri-

mordium) は緻密な原形質塊として体の中央よりやや後方の腹側に近く長さ 15 μ , 幅 8.5 μ

のほぼ楕円形としてみとめられ、明らかに2部分にわけられ、それぞれの部分に1個の核様の存在をみとめる。体の皮下層は発達した筋肉より成り、体腔は顆粒状物質を以て充され肛門の後方約20 μ にまで達する。泌尿器官としては、体の後方より走る尿管と腹側面に開口する排泄孔が主なるもので、排泄孔は頭端より92 μ の位置にある。食道球の後部に食道を取囲んで神経環があり、phasmidは肛門の後方約10 μ に5~6の横条を隔ててlateral fieldの中央部に小粒としてみとめられる(第1図版, 9)。

第2幼虫の体の長さはシストにより、または同一シストでも卵によつて多少の差異がみられるが、その範囲は種類によつてほぼ一定し、*Heterodera*の各種類間で幼虫の長さを異にする場合が知られる。FENWICK & FRANKLIN (1951)によれば、*Heterodera*属線虫は第2幼虫の長さによつて3群に分けられ、これらは長さ550 μ 以上の群(*H. major*, *H. punctata*)と、長さ450 μ 以下の群(*H. cruciferae*, *H. weissi*, *H. humuli*)と、これらの中で多数の種類に属する長さ450~550 μ の群である。大豆線虫についてFENWICK & FRANKLINの方法によつて第2幼虫の長さを計測した結果は $470.6 \pm 17.0\mu$ で明らかに中間("medium")の群に属するものであつた。

第7表 異なるシストから得た大豆線虫の第2幼虫の長さ^{a)}

シストの 個	体	最 大	最 小	平 均	シストの 個	体	最 大	最 小	平 均
1		486	437	460 μ	6		471	437	456 μ
2		484	447	465	7		491	463	476
3		504	452	489	8		499	465	486
4		499	452	473	9		504	447	471
5		494	447	469	10		494	437	460

a) FENWICK & FRANKLIN (1951)の方法による。即ち10個体のシストについてシストごとに第2幼虫10個体ずつの長さを計測し、総計100個体の幼虫の長さの平均値と標準偏差を求めた。幼虫の長さの測定方法は、シストを1個ずつスライドガラス上の水滴中に置き、シストの中の卵を取出してカバーガラスを上方から軽く圧すると幼虫が卵から押出される。その後スライドの下面に徐々に熱を加えて幼虫を斃死させ、ほぼ真直ぐになっている幼虫10個体を任意に選んでその長さをマイクロメーターを用いて計測する。

第2幼虫が根に寄生したのちは、体は發育を開始して次第に長さを減じ、幅を増し、体内では生殖器官が急速に発達し始める。しかし形態的に幼虫の雌雄を識別出来るのは第3幼虫以降の態においてであつて、第2幼虫について雌雄を外観上決定することは出来ない。第2幼虫の脱皮は通常頭部附近において明らかで、この部分で古いクチクラが体から離れ、この

中で新たに第3幼虫に発達する(第1図版, 10, 11, 12)。

(4) 第3幼虫 第3幼虫(third stage larva)は第2幼虫の細長い外形を失い、体が円筒形を呈し、頭部は前端に突出するが尾端は鈍円である。大きさは長さ0.32~0.39mm(平均0.354 mm)、幅0.48~0.84 mm(平均0.650 mm)で、発育に伴い体が著しく膨大するが雌雄による大きさの相違はほとんど認められない(第2図版, 1, 3)。表皮のクチクラは第2幼虫のそれよりも薄く、頭部の先端には10個内外の横条を有するほか表面が平滑で、第2幼虫にみられた横条や縦走線を全く欠いている。第2幼虫では著しく硬化していた頭部の形態が第3幼虫では雌成虫の頭部に似たクチクラの隆起として認められるだけで、甚だ単純である。消化器官は口腔、食道、腸管、直腸を経て肛門に終るが、口針は第2幼虫のそれよりも遙かに短小で、口針の節球も僅かに球状に膨大しているに過ぎない。食道球は第2幼虫のそれよりも大で、これが体の発育と共に次第に大となり特に雌幼虫では雄幼虫の場合よりも著しい。食道腺のうち背部食道腺だけが大きく発達して中央部に1個の大きな核を有するが、他の食道腺の存在については明らかでない。直腸は尾端の近くに明らかで、また肛門は腹側に位置する。第3幼虫における最も著しい変化は生殖器原基が急速に発達することである。第3幼虫はその発育の当初では生殖器原基の大きさが凡そ長さ30 μ 、幅20 μ の楕円形であつたが、その後雄幼虫では生殖器原基の一端が上方に、他端が下方に伸長し始め、上方に向つたものは更に反転して下方に伸び、全体が1個の精巣に近い形に発達する。一方、雌幼虫では生殖器原基の両端が同時に上方に向つて伸長し始め2個の卵巢に近い形に発達する(第2図版, 4)。このような生殖器原基の発達によつて幼虫の雌雄は区別されるが、そのほか食道球の大きさによつても区別することが出来る。体腔は腸管が大部分を占め顆粒状物質で充たされ、腹側には排泄孔が明瞭にみとめられる。神経環は明らかでない。第3幼虫の後期の特定の発育段階にある雄幼虫で、その体内に楕円形または円形の細胞が体の両側部を縦に珠数状に並んでいる個体をみとめた(第2図版, 2)。この細胞の列はその上方がほぼ排泄孔の高さから始まり、下方は尾部に近いところで両側の細胞の列が連なっている。このことについては既に RASKI (1950) により *H. schachtii* について報告されているが、このような形態が見られる幼虫は第3雄幼虫の特定の発育段階にあるものに限られる点から、この細胞の列はlateral chordsと関係あるものといわれている。第3幼虫の大きさは第8表の通りである。

第 8 表 大豆線虫の第3幼虫の大きさ

個 体 (性)	体 の 大 き さ	排泄孔の頭端	食道球の大きさ	尾 の 長 さ
	長 さ × 幅	からの長さ	長 さ × 幅	
1 (♂)	390 × 48 ^μ	87 ^μ	19.5 × 17.5 ^μ	17.5 ^μ
2 (♀)	329 × 65	78	21.5 × 17.5	11.0
3 (♀)	325 × 71	80	19.5 × 17.5	13.0
4 (♀)	351 × 65	74	21.5 × 17.5	11.0
5 (♀)	364 × 74	91	21.5 × 17.5	11.0
6 (♀)	355 × 52	80	24.0 × 17.5	13.0
7 (♀)	329 × 61	78	26.0 × 19.5	15.0
8 (♀)	360 × 59	82	24.0 × 21.5	9.5
9 (♀)	386 × 71	87	26.0 × 24.0	13.0
10 (♀)	351 × 84	82	26.0 × 26.0	13.0

第3幼虫の脱皮の様相及び脱皮後の幼虫の發育の経過は 雌雄の別によつて 極めて相違するものである。

(5) 第4雄幼虫 第4雄幼虫への脱皮は表皮が体から離れて開始されるが(第2図版, 5), 以後この古いクチクラは 破れることなく外殻として第4雄幼虫及びその後の雄成虫を包んでいる。第4雄幼虫 (fourth-stage male larva) は次第に第3幼虫の外形を失つて体が伸長し始め, 外殻の内部で3~4回屈折しながら細長い雄成虫に似た外形に発達する(第3図版, 1)。幼虫が絶えず体の位置を変えつつ運動しているのが外殻を通して観察され, その頭部は外殻の頭部の位置からは離れて, もはやこの態の幼虫が寄主植物体の細胞から栄養を摂取しているものとは考えられない。即ち雄幼虫では主として寄主から栄養を摂取するのは第3幼虫までで, その後の態の幼虫では栄養を摂取することなく虫体内の組織, 器官の分化が進み雄成虫に達するものと考えられる。このことは第4雄幼虫の体制が頭部のみならず体内の各器官に判然とした形態及び機能が認められず, 各器官は雄成虫の各器官に発達する途中にあると看做されることからもうなずかれる。第4雄幼虫におけるこのような点は第4雌幼虫の發育と全く様相を異にするものである。

第4雄幼虫の表皮は薄く滑らかで横条を欠き, 頭部も特別に発達することがない。消化器官として口腔には口針が形成されるがその形態については判然とせず, 食道球も同時代の雌幼虫に比較して著しく小さい。尾端に近い腹側には直腸が認められるが 肛門は明らかでない。精巢は1本の管として次第に発達し, その下端が直腸と合し, 尾端近くでは交尾器への

分化が認められる。また腹側には排泄孔及び尿管が認められるが、神経環は鮮明でない。幼虫は發育の終期には体の長さ及び幅がほとんど雄成虫のそれに達する。

第 9 表 大豆線虫の第 4 雄幼虫の大きさ

個 体	体 幅	外 殻 の 大 き さ	食 道 球 の 大 き さ
		長 さ × 幅	長 さ × 幅
1	34.5 ^μ	355 × 87 ^μ	19.5 × 17.5 ^μ
2	30.5	377 × 56	19.5 × 17.5
3	26.0	360 × 72	19.5 × 15.0
4	26.0	334 × 72	19.5 × 15.0
5	24.0	373 × 78	19.5 × 15.0

第 4 雄幼虫は脱皮を終えて雄成虫に發達するが、この脱皮の開始は幼虫の頭部及び尾部において表皮が体から離れるので認めることが出来る(第 3 図版, 2)。脱皮した古いクチクラの中で頭部、口針、交尾器を備えた雄成虫に發達し(第 3 図版, 3)、雄成虫の新しい表皮は肥厚して表面に横条が明らかとなる。

(6) 第 4 雌幼虫 第 3 雌幼虫は脱皮後第 4 雌幼虫に發達するが、この脱皮は第 3 幼虫への脱皮の場合と全く同様で、新しく發育した第 4 雌幼虫の成長に伴つて古いクチクラは破れる(第 2 図版, 7, 8)。

第 4 雌幼虫(fourth-stage female larva)は第 3 幼虫の外形を失い頭部が前端に突出して体の後半部が著しく肥大したフラスコ形となり、雌成虫の外形にやや似ているが尾端が雌成虫のように突出していないので外形上区別される(第 4 図版, 1)。体の大きさは長さ 0.34~0.40 mm, 幅 0.13~0.19 mm で發育の進むにつれて次第に肥大する。頭部の形態は第 3 幼虫のそれと同様である。表皮のクチクラは頭部で僅かに横条を認めるほか大部分は平滑であるが、全般的にやや厚く、これは特に尾部において顯著である。口針は短小であるが食道球は著しく大である。生殖器官はその中心の位置が直腸に接近し、これより 2 個の生殖管が卵巣に發達して体腔の大きい部分を占めるようになる。第 4 雌幼虫の大きさは第 10 表に示した通りである。

第 10 表 大豆線虫の第 4 雌幼虫の大きさ

個 体	体 の 大 き さ	排泄孔の頭端	食道球の大きさ
	長 さ × 幅	からの長さ	長 さ × 幅
1	360 × 152 ^μ	61 ^μ	29.5 × 26.0 ^μ
2	347 × 165	78	34.5 × 24.0
3	355 × 178	108	32.5 × 27.0
4	373 × 186	100	34.5 × 28.0
5	399 × 182	82	30.5 × 30.5
6	355 × 191	82	35.0 × 30.5

第 4 雌幼虫の脱皮後は生殖器官が一層発達し、生殖孔が形成されると共に尾部が著しく突出した雌成虫となる(第4図版, 2)。

第五 大豆線虫の生態

1. 生活史、幼虫の生態、産卵

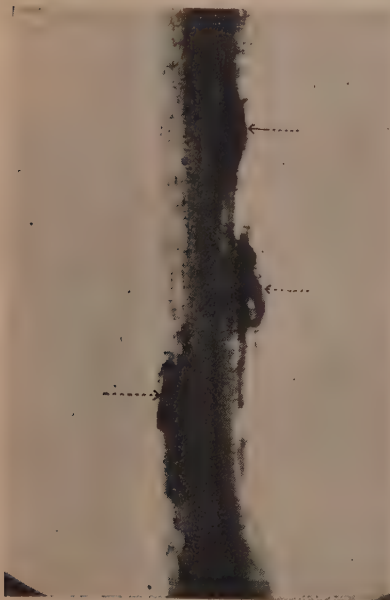
Heterodera 属の線虫は活きた植物体内でのみ發育することの出来る所謂純活物寄生性 (obligate parasitism) の線虫で、土壤中と植物の根の組織中との 2 相の生活環境下でその世代を繰返している。まず卵は土壤中に残存するシストの中に越冬し、翌春地温の上昇するに及んでそれまで休眠状態にあつた幼虫が卵から孵化して土壤中に遊離する。幼虫は自ら土壤中を移動して植物体の根に到達し、その幼根の表皮から組織内に侵入する。侵入の際は幼虫の口針を役立たせて根に穿孔するものと考えられる。侵入した幼虫は組織内を移動し維管束の周辺部に位置を定めるが、大部分の幼虫は尾部を根の先端部の方に向けて体を根の中心柱と平行させ、頭部を曲げて口を根の通導組織の周辺細胞間に置き(第5図)、以後幼虫は植物体内での寄生生活に入る。幼虫は運動性を全く失い、脱皮を繰返しながら成長を続ける。幼虫が成虫に発達するまでには 4 回の脱皮が行われるが、そのうち最初の脱皮は卵内で、他の 3 回の脱皮はいずれも根の組織内で起り、根に侵入した第 2 幼虫が第 3 幼虫、第 4 幼虫、成虫に発達する(第6図)。第 3 幼虫以降では外観上から幼虫の雌雄を区別することが出来、雌幼虫では成虫に達したのちも卵の形成に伴つて体が益々膨大し、このため根の組織の表皮が破れて虫体が根の外部に現われ、最後には雌成虫の体の大部分が根の外に出て頭部だ



第5図 根の組織中に定位した大豆線虫の第2幼虫（植物は大豆，酸性フクシン染色）×約80



第6図 根の組織中の大豆線虫の第4雌幼虫（植物は大豆，酸性フクシン染色）×約100



第7図 根の組織中にある脱出直前の大豆線虫雄成虫（植物は大豆，酸性フクシン染色）×約40



第8図 根に懸垂する大豆線虫の雌成虫及びシスト（植物は大豆）
左：雌成虫 右：シスト

けを根の通導組織中に入れるために根に懸垂しているように見える。これに対して雄幼虫では第3幼虫以後の發育が雌成虫の場合と全く異なり、第3幼虫のクチクラが外殻となつてその中に第4幼虫、更に雄成虫が発達し(第7図)、外殻の後端は根の表皮の近くに、または時に根の外部に現われている。第4雄幼虫の古いクチクラ及びこの外殻を脱した雄成虫は根の組織を出て土壤中に遊離し自由生活に入る。雌成虫体内の卵形成は極めて活潑で、卵の1部は生殖孔より卵囊中に排出され、残りの大部分の卵は雌成虫の体内にとどまり、これと共に雌成虫の体内の諸器官は崩壊して表皮が著しく肥厚した褐色のシストとなる(第8図)。シストは根から簡単に離れて土壤中に残存する。卵囊に排出された卵からは第2代目の幼虫が孵化して土壤中に出て再び寄生生活に入る。夏季ではシストからの幼虫の孵化が盛であるが秋季以後では幼虫はシスト内で休眠状態に入ると考えられる。このようにして大豆線虫は寄主植物である大豆、小豆、菜豆などの植物の根に寄生し、その植物の生育期間内に数世代を経過することが出来る。

シスト内に休眠状態にあつた幼虫が孵化する機構については明らかにされていないが、幼虫の孵化を促す要因として考えられるものに温度及び寄主植物の根の分泌物質による刺戟の2つがある。特に後者の要因については寄主植物の根から特有な滲出物質(“root diffusates”と呼ばれている)があり、これが土壤中に滲出してその植物を寄主とする線虫のシストを刺戟し幼虫を孵化させることが *H. rostochiensis* について確かめられている。しかし一方では、寄主植物の根の滲出物に対してこのような反応を示さないか、または反応の著しくない種類も知られている。幼虫の孵化が温度によつて著しく影響されることは既に明らかであるところであるが、単に温度の要因のみで説明されないことは、土壤中ではシストからの幼虫の孵化が長期間にわたつて起り、1個体のシストから全部の幼虫が孵化し終るのに数箇月乃至数年間を要するとされることである。大豆線虫のシストからの幼虫の孵化がその寄主植物の根の滲出物によつてどのように影響されるかについて1949年に行つた実験の結果では、25°Cの恒温室内で各種の植物の根の浸漬液中のシストの幼虫孵化率が6週間目で僅かに6.3~21.6%であり、植物の根の滲出物がシストからの幼虫の孵化に対して影響を及ぼしたかどうかについては明らかでなかつた。実験結果の概要は第11表に示した通りである。

第11表 大豆線虫のシストからの幼虫孵化に関する実験

シストの浸漬液 を得た植物	シスト1箇当 りの卵数	幼 虫 孵 化 率 (%)						合 計
		第1週	第2週	第3週	第4週	第5週	第6週	
大 豆	261.3	0	2.8	2.9	5.2	5.2	1.8	18.0
小 豆	279.7	0	0.2	3.2	8.5	8.3	1.3	21.6
菜 豆	249.3	0	0.8	3.7	0.8	0.7	0.3	6.3
豌豆	209.0	0	0	1.7	2.4	4.1	1.0	9.1
蒸 溜 水	253.3	0	0	1.3	5.5	9.5	3.0	19.3
水道水(対照)	259.7	0	0	1.0	4.0	3.7	1.0	9.8

- a) 本実験は1949年12月2日より1950年1月14日に至る間に北海道農業試験場内で実施した。実験方法はシスト3個体ずつを時計皿に入れて浸漬液中に浸し、毎日液中に孵化した幼虫数を算えたもので、実験は3反復とし、本表にはその平均値を示した。シストは実験開始時に土壤中から分離して用いた。各処理区の平均値間の有意性は5%水準では認められなかつた。
- b) 植物の根の滲出物を得るには次の方法によつた。5万分の1反ワグナーポットに各作物を慣行の方法で植えて温室内に管理し、播種後10週間目にポットの給水口を密栓してポットの上面まで水を充たし、約24時間後に排水口の栓を開いて水を取り出し、これを濾過してその植物の浸漬液とした。
- c) 調査の終了時に供試したシストの中の卵数を算えて実験開始時のシスト内の卵数を得た。

第2幼虫は孵化後より寄主植物の根に侵入するまでの間は外界から全く栄養を摂取することが出来ない。このことは大豆線虫の幼虫を早春に土壤中から分離し、または長期間水中に放置して観察すれば、幼虫の体腔は腸管に充されていた顆粒状物質がほとんど消滅するために空虚となり、孵化直後の幼虫と一見して区別されるほど明らかに飢餓の状態にあることから知ることが出来る。しかし幼虫の土壤中での生存期間は割合に長いとされ、FRANKLIN (1937) によれば *H. rostochiensis* の第2幼虫は英国ロンドンにおいて冬季間を含む9箇月間戸外に生存し、16箇月間以上の生存も可能であろうと報告されている。

大豆線虫の幼虫が植物体内に侵入するには主として若い根からであるが、この場合根の先端にある生長点から入ることは少なく、多くは生長点から離れた部分からである(第9図)。このことは根瘤線虫(*Meloidogyne hapla*)の幼虫が大豆の根に侵入する際には必ず生長点附近から侵入していることと全く異つてゐる。ほとんど同じ外形と大きさを有している両線虫の幼虫が根に侵入する部位が全く異つてゐるのは、根の生長点からの分泌物による刺激に対する反応の相違ということも考えられるが、この場合は両線虫の口針(spear)の大きさが著しく異なることと関連があると思われる。即ち大豆線虫では第2幼虫の口針の長さは 23.1μ であ



第 9 図 大豆線虫の第 2 幼虫の
根への侵入（植物は大豆、酸性
フクシン染色）。×約 40

るが根瘤線虫のそれは $13 \sim 14.5 \mu$ （平均 13.4μ ）で、大豆線虫の方が遙かに強大な口針を具えて根の生長点のような柔かい組織からでなくても侵入することが出来ると考えられる。寄主植物の太い根の部分でも表皮に裂傷などがあればここから幼虫が侵入することは屢々観察され、このような根では根瘤線虫の場合でも同様に侵入している。

根に寄生している大豆線虫の幼虫の發育に要する日数は、温度の異なるに従つて著しく異つてゐる。大豆、小豆、菜豆のそれぞれの根の組織中に發育する幼虫の各態に要する發育日数を調査した結果は第 12 表に示した通りである。これによれば寄主植物が異なることによる幼虫の發育の速さの差異はほとんど認められなかつたが、同一態の幼虫の發育に要する日数は温度の相違によつて著しく

変動した。例えば 1952 年における 4 回の調査にもとづいて寄主植物が大豆のときの線虫の發育に要する日数と温度との関係についてみると、第 2 幼虫が大豆の根に侵入した日から第 2 幼虫の脱皮が始まるまでの日数が日平均地温 15.9°C では 14 日間、同じく 21.6°C では 5 日間であり、第 3 雌幼虫が第 4 雌幼虫への脱皮を始めるまでの日数は日平均地温 17.8°C では 4 日間、 21.7°C では 3 日間であり、第 4 雌幼虫が雌成虫になるまでに要する日数は日平均地温 18.2°C では 6 日間、 23.3°C では 5 日間、更に雌成虫が卵嚢に成熟卵を排出するまでの日数は日平均地温 19.1°C では 16 日間、 25.2°C では 8 日間であつた。一般に地温の上昇につれて線虫の發育は早まり、第 2 幼虫が根に侵入した日から第 2 代目の第 2 幼虫を認めるまでに要した日数は、その間の平均地温が 23.3°C では 24 日間であつたのに対し、同じく 17.8°C では 41 日間であつた。雄幼虫が雄成虫に發育するのに要する日数は雌幼虫が雌成虫に發育するのに要する日数よりも短い、これはそれぞれの成虫に發育するのに必要な栄養量が異なることによるものであらう。

6) この調査については北海道農業試験場彙報第 64 号に登載した（一戸，1953）。

第12表 大豆、小豆、菜豆に寄生する大豆線虫の各態の発育所要日数^{a)}

虫 態		第2幼虫	第3幼虫	第4幼虫	雌成虫(卵形成まで)
植 物		日	日	日	日
大	豆	5 ~ 14	3 ~ 4	5 ~ 6	8 ~ 16
小	豆	5 ~ 11	3 ~ 5	5 ~ 6	7 ~ 17
菜	豆	6 ~ 12	3 ~ 4	5 ~ 7	11 ~ 17

a) この調査は1952年6月~9月に北海道農業試験場の試験作において4回反復して行つた結果で、筆者(1953)のさきの報文より引用したものである。



第10図 大豆線虫の雌成虫及びその卵囊内の雄成虫(酸性フクシン染色) ×約35
a: 雌成虫 b: 雄成虫
c: 卵囊 d: 大豆の根



第11図 大豆線虫の卵囊の中の卵 ×60
a: 成熟卵
b: 幼虫が孵化して残つた卵殻

雄成虫が根の組織より土壤中に遊離したのちの習性については充分には明らかでない。雄成虫の運動は極めて緩慢であり、土壤中での生存期間は短く数週間に過ぎないと考えられる。大豆線虫では雄成虫が雌成虫の卵囊の中に棲息しているのが屢々観察される(第10図)。しかし実際にこのようにして交尾が行われるかどうかについては確証を得ない。一般的に線虫類では雌成虫の産卵及び生殖に対して雄成虫が関与するかどうかについて多くの疑問が残されており、STEINER(1949)は根瘤線虫の繁殖は雌成虫の単為生殖(parthenogenesis)によるもので、この場合雄成虫は同線虫の生殖に関して何の役割も持たないとしている。

雌成虫の形成した卵の大部分は体内に残りシストによつて保護されるが、1部の卵は生殖孔を通じ卵嚢に排出される。卵嚢の中にある卵は成熟卵であつて、卵殻を透して中に第2幼虫が観察され、この卵から幼虫が孵化して土壌中に出れば卵嚢には卵殻だけが残る(第11図)。シストの中に含まれる卵数については、多数のシストを用いその外皮を破り全部の卵を取出して算えたが、その結果1シスト当りの卵数は十勝地方より得た材料では、最小142, 最大341, 平均267を算え、札幌地方より得た材料では、最小95, 最大473, 平均257を算えた。いずれの場合もシストの個体によつて卵数に著しい変異が認められたが、200~300の卵を含むシストが最も多く、300~400の卵を含むシストがこれに次ぎ、全シストの平均卵数は262個であつた。各卵数別のシスト数は第13表の通りである。

第13表 大豆線虫のシストに含まれる卵数

卵数	シスト数	
	A	B
100 以下	0	2
101 ~ 200	5	8
201 ~ 300	17	10
301 ~ 400	13	9
401 ~ 500	0	2
501 以上	0	0
シストの計	35	31

a) 調査年次及びシストの採取地は次の通りである。A: 1949年11月, 北海道帯広市北海道立農業試験場十勝支場内の大豆圃場
B: 1953年11月, 北海道十歳郡恵庭町北海道農業試験場島松試験地の大豆圃場

雌成虫の産卵総数はシストの中に含まれる卵数と卵嚢に排出された卵数とを加えたものであるが、このうち卵嚢に排出される卵数は雌成虫の体内での卵形成が進むにつれて次第に増加するため、その数は雌成虫の發育により著しく相違し、これを決定することは困難である。卵嚢を附随している比較的新しいシストによつて卵数を算えたが、その結果雌成虫の産卵数は最小228, 最大564であつた。また卵嚢に排出される卵数の最も多いものでは218卵で、この場合の卵数はその雌成虫の産卵数の38.7%に達するものであるが、これよりも著しく少ないものも認められた。調査し

た卵嚢では既に第2代目の幼虫が孵化して卵殻だけ残っている例が多かつたので、線虫卵を幼虫の未孵化卵(充実卵)と卵殻だけのもの(空卵)とに分けて算え第14表に示した。なおこの調査に用いたシストは、いずれも圃場で大豆に寄生していたものである。

第14表 大豆線虫の産卵数と卵嚢の中の卵数

個 体	シストの中の卵数 (A)		卵嚢の中の卵数 (B)		産 卵 数	卵嚢に排出される 卵の割合 (%) $\left(\frac{B}{A+B}\right)$
	充 実 卵	空 卵	充 実 卵	空 卵	計 (A+B)	
1	476	0	0	12	488	2.5
2	184	0	0	44	228	19.3
3	304	0	0	119	423	28.1
4	256	0	10	121	387	33.9
5	346	0	36	182	564	38.7

雌成虫の体長に或る種の菌類の寄生によつて 黒色の小さい斑点が認められることがある (第2図, a)。特に試験枠から得た雌成虫ではこのような個体が屢々みられ、菌は雌成虫の体表だけでなくこれより体内にも侵入して雌成虫の卵の形成を著しく妨げることが認められた。この菌 (菌の種類は未定) は、菌に侵された雌成虫の産卵数が著しく少ないことから線虫に対して明らかに病原性を有するものと思われる。

雌成虫及びシストは運動性を有しないから、土壌中の各深さにおけるシストの分布状況は耕耘その他によつて人為的に拡散される場合以外は寄主植物の根系の分布と略一致し、結局植物の種類、品種、土性などによつて決定されるものである。大豆線虫のシストの土壌中の分布数は、地表面からの深さ 0~20 cm の層に最も多く分布し、深さ 20~30 cm の層における分布がこれについて多く、30 cm 以上の深さの土壌中ではシストの分布数は激減している。シストは乾燥、低温などの外界からの影響に対しては極めて強い抵抗力を示し、土壌中であつて 10 年間以上もシストの中の卵の活性を保持することが出来るといわれている。大豆線虫のシストを -40°C の恒温室内に 7 箇月間以上保存した場合でも、なおその後においてシストからの幼虫の孵化が認められた (1952~1953 年の実験)。シストの耐寒性はシスト内及びその外界の土壌中における水分の多少によつて著しく相違するものと考えられるが、冬季間の戸外における土壌の低温凍結のためにシストの中の線虫卵が死滅するようなことはほとんど起らないと思われる。大豆萎黄病の発生の甚だしい北海道十勝地方における冬季間の土壌の凍結については、同地方帯広市での地中凍結期間が 11 月から翌年 4 月まで、その凍結深度の最大は 2 月 25 日の平均 27.4 cm⁷⁾ であり、これによつても同地方では土壌中に分布するシストの大部分が冬季間には必ず凍結することが明らかであるが、越年したシストによつて毎

7) 大正11年より昭和7年までの平均

年発病がみられている。線虫の伝播は主として土壤中のシストが農機具、着衣、生産物などに付着し、または風、流水などで運ばれて起ることが多いと考えられる。

2. 札幌地方における年間世代数

大豆線虫はその發育のための栄養を寄主植物に依存しているが、線虫の發育の早さは多くの要因によつて影響を受け、例えば線虫の環境の地温によるほか、寄主植物の品種の抵抗性、植物の栄養状態、土壤湿度などによつても異なると考えられる。これらのうち最も影響を及ぼすものは温度であつて、夏季に向つて線虫の發育が早くなり、秋季に向つて遅くなることが観察される。また地温は土壤の深さによつて異なるので、線虫の寄生した根が地表からどれだけの深さのところにあるかによつても發育の早さが異つて来る。

札幌地方における大豆線虫の年間世代数について考察するために、大豆線虫が1世代を経過するのに要する日数を1952、'53の兩年にわたつて調査した。まず試験枠内に多数の大豆を数次にわたり時期を変えて播種し、大豆の根に寄生した線虫の發育を観察し、同時に試験枠内の各深さの地温を毎日午前10時に観測した。調査に際しては便宜上次の方法によつた。

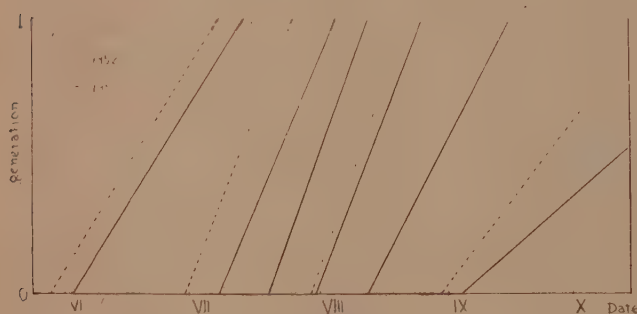
イ、線虫の1世代を第2幼虫が根に侵入した日から第2代目の第2幼虫が発生した日までとし、その間の發育所要日数を以て表わすのであるが、第2幼虫が根に侵入した日については実際にこれを確認が出来ないので、大豆の発芽した日を以てこの日に替え、また世代の終了の日については雌成虫の尾端にある卵嚢に初めて成熟卵（卵殻を透して孵化直前の第2幼虫が観察される卵）を認めた日とした。予備調査によつて、発芽当初の大豆の根には既に線虫の幼虫が多数寄生していることが確かめられており、また線虫の雌成虫が根の表面に認められるほどに發育した頃からは毎日大豆を採取つて雌成虫を集め、解剖顕微鏡を用いて卵嚢を調査すれば成熟卵が初めて現われる日を確認出来ることが判つた。

ロ、發育を調査する線虫は、地表からの深さ5~10 cmのところにある主根に寄生している雌成虫に限つた。これによつて、これらの線虫は大豆の生育の当初に根に寄生し、寄生後は深さ5~10 cmの地温のもとに發育して来た線虫と看做することが出来る。

ハ、午前10時における地温を以て1日の平均地温に代用した。実験中は随時1時間おきに地温を測定しながら日平均地温を算定し、これと午前10時における地温との關係を検討したが、兩者の關係は季節によりまたは土壤の深さによつて多少の変動がみられたとは云えほとんど近似し、本調査の場合には午前10時の地温によつて日平均地温を推定してもほとん

ど差支えないものと考えられた。

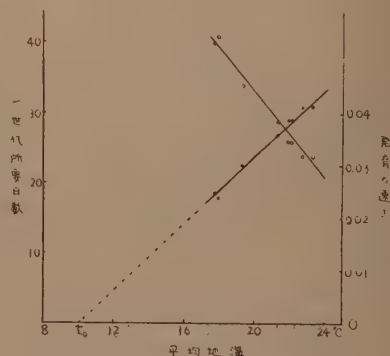
以上の方法により大豆線虫がその 1 世代に要した発育日数について 1952 年に 4 回、1953 年に 5 回の調査を行つたが、そのうち同年を通じて 8 月 30 日以後に播種した 2 回の調査では線虫の世代が完了するに至らなかつたのでこれを除き、他の 3 回の調査にもとづいて 1 世代に要した日数とその発育期間中の平均地温との関係を検し、また線虫の発育の速さを 1 世代に要した日数の逆数値で表わし、これと同期間中の平均地温との関係を検討した。その結果これらはいずれも温度 17.6°C 乃至 23.3°C の範囲内ではほとんど直線的な関係を示し、従つて BLUNK による積算温度の法則を適用して差支えないと考えられ、計算によつて得た大豆線虫の 1 世代の発育限界低温度及びこれより 1 世代に必要な有効積算温度を算出して札幌地方における線虫の世代数を推定した。



第 12 図 大豆線虫の 1 世代の長さ
(1952, 1953 の試験枠における調査)

虫の発育の速さは 1 世代に要した日数の逆数値で表わされたが、これとその発育期間中の平均地温との関係及び 1 世代所要日数と平均地温との関係は直線的で(第 13 図)、このうち前者の関係を表わした直線を下方に延長して横軸と交叉する点の温度 t_0 、即ち線虫が発育を停止する温度 10°C は計算によつて得られた線虫の発育限界低温度である。大豆線虫がその 1 世代を完了するのに必要な有効積算温度は、1 世代に要した期間中の深さ 5 cm に

大豆線虫が 1 世代に要した日数は最小 24 日、最大 41 日で(第 12 図)、それぞれの発育期間中の深さ 5 cm における平均地温は最高 23.3°C、最低 17.6°C で、これらは第 15 表に示された通りである。線



第 13 図 大豆線虫の発育と温度との関係

8) この場合の平均地温とは発育期間中の日平均地温の平均である。

おける日平均地温が發育限界低温度 10°C を超えた度数の総和によつて求め得られ、これらは第 15 表に示した通りで、各回の調査では $304.0 \sim 319.8$ 日度とほぼ一致した結果が得られ、平均 313.4 日度であつた。

第 15 表 大豆線虫の 1 世代に要した發育有効積算温度

1 世代に要した期間	1 世代に要した日数	發育の速さ	1 世代の期間中の地温		1 世代に要した有効積算温度
			日平均地温の平均 $^{\circ}\text{C}$	日平均地温の範囲 $^{\circ}\text{C}$	
VI-3 ~ VII-14, 1953	41	0.0244	17.8	22.7~13.2	319.8
V-29 ~ VII-8, 1952	40	0.0250	17.6	22.3~13.2	304.0
VIII-13 ~ IX-16, 1953	34	0.0294	19.3	23.6~14.8	316.2
VII-8 ~ VIII-5, 1953	28	0.0357	21.3	26.0~17.0	316.4
VII-31 ~ VIII-26, 1953	26	0.0385	22.0	26.5~16.5	312.0
VI-30 ~ VII-26, 1952	26	0.0385	22.1	28.6~16.5	314.6
VII-30 ~ VIII-23, 1952	24	0.0417	22.7	29.2~20.3	304.8
VII-20 ~ VIII-13, 1953	24	0.0417	23.3	26.5~19.2	319.2

札幌地方において大豆線虫が年間に幾世代を経過し得られるかは、寄主植物である大豆の同地方における栽植期間とその期間中の地温によつて決定される。札幌地方における大豆の栽培は、その播種期が大豆の発芽の最低温度である 10°C 内外の地温に達ししかも晩霜の危険のないように、極早生種及び晩生種では 5 月上旬、中生種を以てする普通播では 5 月中下旬が適期とされ、従つて大豆の発芽は例年 6 月 1 日乃至 3 日とほとんど一定しており、一方、大豆の成熟期は品種により著しく異つて、早生種では 9 月上旬、その他の普通種では 9 月中旬乃至 10 月上旬であり、10 月 10 日前後までには大豆品種のほとんどが成熟を完了する。札幌地方におけるこの栽植期間中の平年の地温については、札幌市琴似町北海道農業試験場の圃場で深さ 5, 10, 20, 30 cm の午前 10 時の地温が同試験場農業物理部で観測されており、1950~53 年の 4 箇年間の地温観測台帳より旬別平均地温を算出した。この地温及び試験枠内の地温は第 16 表に示した。

第16表 札幌市琴似町の旬別平均地温と試験枠内の旬別地温 (°C)

月	旬	札幌市琴似町の地温 (1950~53の平均)				試験枠内の地温	
		深さ5cm	10cm	20cm	30cm	5cm(1952)	5cm(1953)
5月	上	11.1	10.0	9.5	9.1	—	—
	中	10.9	10.3	10.3	10.0	10.0	10.9
	下	13.7	12.3	12.1	11.6	12.2	12.3
6月	上	16.5	15.1	14.7	14.0	15.8	15.4
	中	17.0	16.2	15.6	14.5	18.0	18.8
	下	18.1	16.8	16.6	16.5	19.7	19.0
7月	上	18.6	17.8	17.6	17.1	19.0	17.6
	中	20.9	19.7	19.4	18.7	23.3	19.7
	下	24.3	22.8	22.4	21.4	24.4	23.6
8月	上	23.4	22.4	22.4	21.9	21.7	22.5
	中	23.7	23.1	22.8	22.4	24.3	23.3
	下	21.5	20.7	21.0	21.0	21.0	19.1
9月	上	19.0	18.7	19.2	18.9	20.5	18.6
	中	17.5	17.2	17.7	18.0	18.0	17.7
	下	14.8	14.6	15.5	16.1	15.2	16.2
10月	上	13.0	12.8	13.7	14.2	12.0	—
	中	10.8	10.9	12.2	12.8	11.2	—
	下	8.1	7.7	9.4	10.6	—	—

札幌地方において大豆線虫が大豆に寄生し發育する期間を6月1日より10月10日までと推定し、この期間の土壤の各深さにおける旬平均地温が發育限界低温度を超える度数とその日数との相乗積の総和を得て、これを線虫の1世代に要する有効積算温度313.4日度を以て除すると、大豆の栽植期間中の線虫の最大の世代数が示される。その結果は第17表に示したように、札幌地方の大豆線虫の年間最大世代数は土壤の深さが異つても同一ですべて3回であると推定される。

第 17 表 札幌地方における大豆線虫の世代数

地表からの 深 さ	Ⅵ-Ⅰ～Ⅹ-Ⅹの 有効積算温度	最大世代数	第 1 世 代	第 2 世 代	第 3 世 代
cm	日度				
5	1209	3.8	Ⅵ- 1 ～ Ⅶ-12	Ⅶ-13 ～ Ⅷ- 6	Ⅷ- 7 ～ Ⅷ-31
10	1103	3.5	Ⅵ- 1 ～ Ⅶ-16	Ⅶ-17 ～ Ⅷ-11	Ⅷ-12 ～ Ⅸ- 9
20	1109	3.5	Ⅵ- 1 ～ Ⅶ-18	Ⅶ-19 ～ Ⅷ-13	Ⅷ-14 ～ Ⅸ-12
30	1069	3.4	Ⅵ- 1 ～ Ⅶ-21	Ⅶ-22 ～ Ⅷ-17	Ⅷ-18 ～ Ⅸ-19

線虫の植物への寄生は寄主植物の全生育期間にわたつて連続して起ると考えられるので、例えば根に着生している雌成虫の数についてみても、線虫の第 1 世代目の終了後ではその季節的な消長は顕著でない。従つて *Heterodera* 属の線虫の年間世代数は、或る種の昆虫における“発生回数”や“化性”などのような重要な意義は持たないと考えられるが、耕種技術的な防除法として植物の播種期の選定や犠牲作物、捕獲作物などの利用の際には線虫の世代数を考慮することが必要である。

線虫の世代数についてはこれまで種々の方法によつて考察した多くの報告がある。線虫の世代数はまず寄主植物の栽植期間の長さによつて異なるほか、線虫の種類や同一種でも寄主植物の種類異なるに従つて世代数が異なつてくる場合が報告されている。STRUBELL (1888) はドイツにおいて *H. schachtii* の世代数につき、雌成虫の 1 世代の發育に 4～5 週間を要することから甜菜の栽植期間中に本線虫は 6～7 世代を経過すると報告した。TRIFFITT (1930) はこれを否定し、イギリスでは *H. schachtii* と *H. rostochiensis* の両種はそれぞれ甜菜及び馬鈴薯で年間 1 世代を経過するだけで、条件が良い場合には第 2 代目を経過出来るであろうと報告している。RASKI (1950) はアメリカにおいて *H. schachtii* が甜菜で年間数世代を経過出来ると報告した。JONES (1950) によればイギリスにおいて、*H. schachtii* が甜菜に寄生した場合はその栽植期間である 4 月より 11 月までの間に 2.5～3 世代を経過し、また *H. rostochiensis* が馬鈴薯に寄生した場合にはその栽植期間である 4 月より 8 月までの間に 2 世代を経過すると報告されている。

雌成虫の卵嚢に排出された卵から直ちに第 2 幼虫が孵化することは大豆線虫について実際に観察したが、新しいシストから直ちに幼虫が孵化するかどうかについては、RASKI (1950) は *H. schachtii* についてこれを認めているが、大豆線虫では確認し得なかつた。卵嚢から遊離した第 2 代目の幼虫が直ちに寄生生活に入るかどうかについても明らかでない。第 2 代目の幼虫が孵化後から根に寄生するまでの期間は諸般の条件によつて異なるものと考えら

れ、これについての知見に乏しく、JONES(1950)は線虫の世代数を考察するに際してこの期間を14日間と仮定した。大豆線虫が圃場において繰返す世代数を考察する場合にもこの期間を考慮する必要があるが、以上の調査の結果を総合して結論されることは、札幌地方における大豆線虫の最初の発生は7月中旬以降であり、また大豆線虫の同地方における年間世代数が3回以内であることは明らかである。

3. 寄生植物への影響と寄生範囲

大豆線虫の寄生によつて大豆に病徴の現われるのは播種より約2箇月後の7月中旬頃からである。線虫の寄生を受けた大豆は生育が著しくおくれ、草丈が低く、莖葉特に葉片、葉柄、葉の頂部は明らかに淡黄色を呈し健全株が緑色を呈するのとは一見して区別される。大豆の被害が特に著しい場合は葉葉が黄変したのち開花に至らずに枯死することがあり、一般には開花期がややおくれ、花が叢生する傾向が認められる。嫩莢は萎縮し結莢しないものが多く、



第 14 図 大豆萎黄病による大豆の被害の一例
(品種は十勝長葉)

a, b, c: 被害株

d: 同じ圃場の健全株

結莢した場合でも莢は形が小さく子実も少数である。

また黄変した葉は秋季には早く脱落する。病害株に生じた子実は健全株のそれよりも形が小さく、収量を著しく減じている(第14図)。

圃場における大豆萎黄病の発生状況は、大豆の品種、耕種肥培の如何によつては顕著に現われない場合も認

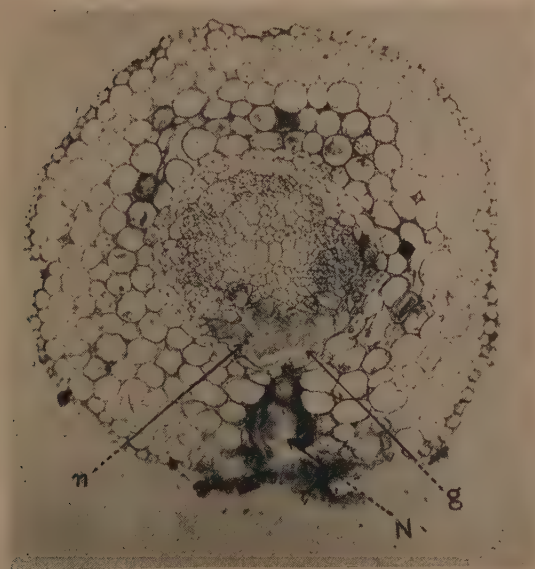
められるが、多くの場合は一見して知ることが出来る。

先ず発生の当初に生育がお

くれて葉の淡黄色を呈する株が圃場の一部にはほぼ円形に集团的に生じ、その後次第にその範囲を拡大し、病区の中心部では被害の著しい株のために凹陷部を生じ、また作条の間の圃土が透視されるようになる(第15図)。この病区は圃場の全面にわたつてまたは耕鋤の道順に従



第 15 図 大豆圃場における“大豆萎黄病”の初発生状況



第 16 図 大豆線虫の寄生によつて生成された巨大細胞
(大豆の根の横断切片，ヘマトキシリン染色) $\times 130$

g: 巨大細胞

n: 巨大細胞内の核の1部

N: 線虫(雌成虫)の頸部

い縦に不正形に生ずる場合もある。

7月中旬以降に病害株を抜取つて根を観察すると、根の表面に白色球形の雌成虫が無数に寄生しているのが肉眼で認められ、また根は健全株のそれと比較して側根を著しく多く発達させている。更に病害株の根にみられる著しい特徴として、根瘤バクテリアにより生成される根瘤の数が極めて少ないことが観察される。根瘤バクテリアと線虫との関係については明らかでないが、線虫の寄生を受けた植物の病徴である生育の不良、莖葉の黄変の状況が、土壤中に窒素質又は加里質が不足したときの症状、特に窒素欠乏の症状に甚だ似ていることと関連して興味深い。

根の組織に寄生中の幼虫は通導組織周辺の細胞より栄養を摂取するために、線虫の口部の周辺にある根細胞では、線虫の口からの刺激によつて膨大し、顆粒状の原形質及び大きい核を有する大型の細胞となる。この細胞は巨大細胞 (giant cell) と呼ばれて他の正常な細胞の数十倍の大きさとなり、特に縦に細長く生じ、分枝状にまたは数個生じることが多い (第16図)。しかし根瘤線虫によつて生じる巨大細胞のように大型ではない。

大豆萎黄病の病徴及び大豆の被害が土壤中の線虫の棲息数の多少によつて決定されることは当然であるが、そのほか土性、植物の種類及び品種、気象なども密接な関連を示すことが認められている。一般的には、土質が軽く通気の良い火山灰土壌地帯に大豆萎黄病の発生が最も多く、これに反し重粘土、泥炭地では発生が稀である⁹⁾。また乾燥の年には湿潤の年よりも被害が多いとされる。その他有機質に乏しく地味の瘠薄な土壌や、堆肥及び窒素質肥料の施与量の少ない場合には被害が一層顕著に現われる傾向が認められる。大豆線虫の寄主植物のうちでは大豆における被害が最も著しく、小豆はこれに次ぎ、菜豆では線虫の寄生による莖葉の黄変、減収は大豆の場合ほど明らかでないことが多い。

大豆線虫の寄生による大豆、小豆の被害については藤田 (1934) 及び武笠・一戸 (1951) により報告されている。これらの報告によれば、第18表に示したように被害株は健全株と比較して草丈では約6割に減少し、全重では約3割に、子実重量では1~3割にそれぞれ激減している。

9) 1954年には北海道江別市宇美原の低位泥炭地帯に大豆萎黄病の発生が認められた。

第 18 表 大豆萎黄病による大豆と小豆の被害

植 物 (品 種)	全 重 又 は 草 丈		子 実 重 量		発 生 場 所 及 び 年 次、報 告 者
	健 全 区	被 害 区	健 全 区	被 害 区	
大 豆 (—)	kg/反 210 (100)	kg/反 54 (26)	kg/反 90 (100)	kg/反 12 (13)	北海道札幌市琴似町
小 豆 (—)	495 (100)	138 (28)	201 (100)	63 (31)	1933, 藤田
大 豆 (十勝長葉)	cm 66.0 (100)	cm 41.5 (63)	kg/反 158.3 (100)	kg/反 7.6 (5)	北海道河西郡芽室町
大 豆 (中生裸)	46.9 (100)	29.4 (63)	93.2 (100)	1.4 (1.5)	1951, 武笠・一戸

〔註〕健全区を100としたときの被害区の割合を()内に示す。

大豆萎黄病の発病が圃場の一部にはぼ円形に現われた場合、大豆の被害状況は発病の中心部に近い株ほど被害が甚だしい。1953年に北海道十才郡恵庭町の大豆圃場で調査した結果によれば、同圃場において発病の中心の部分に生育した大豆は草丈20 cm、英数3.2、全重3.0gという最も甚だしい被害を示し、中心部より遠ざかるに従って被害は少なくなった。調査の結果は第19表の通りである。

第 19 表 大豆萎黄病発生圃場において異なる位置に生育した
大豆の被害調査^{a) b)}

大豆が生育した位置	草 丈	英数(1株当)	地上部の重さ 根の重さ	全重(1株当)	調査例数
発病地中心部	cm 20.0±3.8	3.2±2.3	1.4±0.7	3.0±1.3 g	9
発病地中心部の周辺	30.0±2.5	15.6±3.9	3.9±1.6	9.6±1.5	7
発病地辺縁部の内側	38.6±3.1	35.9±3.8	6.4±1.1	20.0±3.5	7
発病地辺縁部の外側	41.3±1.5	56.5±10.4	6.7±0.9	28.9±5.9	4
同じ圃場の無病地と 推定された部分	47.3±1.2	53.0±15.4	6.3±0.4	33.0±6.4	3

a) 大豆の品種は俗称「満洲大豆」である。

b) 調査は十才郡恵庭町島松試験地内で1953年9月9日に行つた。

大豆萎黄病の被害は、大豆の品種によつて相違する場合が知られている。例えば秋田県刈和野産の大豆「第1稗貫」は大豆萎黄病に対して極めて強い抵抗性を示す品種といわれ、また青森県南部地方で栽培される大豆「南郡竹館」、「黒英三本木」も同病に強い品種といわれている。しかしこれらの品種もその根における雌成虫の着生状況では、大豆萎黄病抵抗性の弱い他の品種のそれと特に異なるところが認められず、結局これらの耐病性品種では植物体内に線虫の寄生を他の品種と同様に受けても大豆の生育がこれによつて影響されることが少ないものと考えられた(1954年の調査結果)。

大豆線虫が發育出来る植物の種類は限られている。伊藤(1921)は、線虫による被害は大豆において最も著しく、菽豆類のうちでは他に菜豆と小豆に線虫による被害が認められるが豌豆では認められず、また菽豆類以外では線虫による被害が認められないと報告した。藤田・三浦(1934)は大豆萎黄病発生地 of 土壌及び大豆の根から得たシストを用い、これにマメ科、アカザ科、ジウジバナ科、ホモノ科などに属する計23種の植物を植え40~70日後にそれぞれの植物の根を調査し、大豆、小豆、菜豆、花豆の4種の根に雌成虫又はシストの着生を認め、他の植物には線虫の寄生を認めなかつた。またこの4種の寄主植物のうちでは大豆に線虫の寄生が最も著しく、小豆では寄生が輕微であり、菜豆と花豆では線虫の寄生は極めて少なかつた。しかし筆者が試験作によつて調査した結果では、大豆、小豆、菜豆の根には線虫の寄生を認めたが花豆その他の植物では根に雌成虫を全く認めず、またこれらの寄主植物間で線虫による寄生を量的に比較するために各植物の主根及び主根に近い根に寄生している雌成虫数を算えた結果では、第20表に示すように大豆と小豆の間には量的な差異が認められず、菜豆では大豆、小豆の兩植物に比較して明らかに少なく、花豆では根に雌成虫を全く認めなかつた。

第20表 大豆線虫の寄生範圍

調査年月	根に寄生する雌成虫						根に寄生する雌成虫数			
	1931 6	1931 6	1931 6	1931 8	1931 8-9	1932 8	1949 6	1949 8	1950 6	1950 8
大豆	+++	++	+	+++	+	+++	27.2	35.4	38.0	14.5
小豆	+	+		+	+		38.5	21.5	39.1	7.8
菜豆		-		+	+		2.7	5.4	2.7	1.8
花豆					+		0	0	0	0
豌豆		-	-	-	-	-	0	0	0	0
報告者	藤田・三浦 (1934)						戸 (1953)			

大豆線虫の寄主植物間にみられた線虫の雌成虫数の差異が、それぞれの植物の根に実際に侵入する大豆線虫の幼虫数の相違によるものであるかどうかについては、BARRONS(1939), CHRISTIE (1946, 1949), 澁谷(1953)らによつて報告された根瘤線虫 (*Meloidogyne* sp.) についての研究結果と関連して考察する必要がある。これらの報告によれば、或る種類の植物またはその品種が根瘤線虫に対して強い抵抗性を示す場合に、その耐虫性は植物の体内に線虫を侵入させないためでなく、既に侵入した線虫の幼虫のその後の發育を抑制または停止さ

せるためであることが明らかにされた。筆者(1953)が大豆線虫の各種抵抗性植物に対する寄生性について明らかにし付た結果は、根瘤線虫がその抵抗性植物に対する場合の前述の結果とほとんど一致するもので、大豆線虫の幼虫はその非寄主植物とされる豌豆、赤クロバー、ラデノクロバー、アルサイクロバー、蚕豆、アルファルファ、ライマビーンなどの多くの種類の植物の根に寄主植物である大豆、小豆などに対すると同じように侵入し、更にこれらの抵抗性植物の体内では侵入した幼虫がその後直ちに發育を停止する場合や、或る程度發育を続けたのちに停止する場合など種々の段階が認められた。また菜豆の根に着生している雌成虫の数が大豆、小豆のそれに較べて極めて少ないことや、花豆では根に雌成虫を全く認めなかつたことについては、これらの植物の根に寄生した幼虫が雌成虫にまで發育することが出来ないか、または雌成虫となつてもその後の發育が抑制されるために虫体が正常の大きさに達することが出来ないで、根の外部に現われることが少ないためであることが明らかになつた。

CHRISTIE(1946)が根瘤線虫の寄主植物について、根瘤線虫の寄主として最も適当した植物と最も不適当な植物とがあり、またこれらの植物の中間に位する多くの植物があると考えたことは、大豆線虫の寄主植物についても適用されるものと考えられ、大豆線虫では線虫の寄生に最も適当な大豆と最も不適当な豌豆があり、この兩植物の中間に小豆、菜豆、花豆、アルサイクロバー、ライマビーンなどの多くの植物が含まれる。更にこれらの各種植物は大豆線虫の寄主植物としては互いに連続的な関係にあるために、これらの植物のうちには大豆線虫の寄主植物と非寄主植物のいずれに属するかを決定することが困難な場合がみられる。大豆線虫の幼虫が寄生生活によつて成虫まで達し得られる植物としては、大豆、小豆、菜豆の3種をあげることが出来る。

マメ科の植物を寄主とする *Heterodera* 属の線虫には大豆線虫のほかに *H. göttingiana* と *H. trifolii* の2種がある。*H. göttingiana* はエンドウ属 (*Pisum*) 及びソラマメ属 (*Vicia*) の植物に主として寄生する pea root nematode と呼ばれる線虫で、その他の属の植物には通常寄生し得ない。*H. trifolii* は白クロバー及び赤クロバーに主として寄生し、そのほかソラマメ属の数種と菜豆に寄生することが知られ、更にマメ科以外でもナデシコ科のハコベ及びタデ科のナガバギギンに最も普通に寄生する線虫である。これらの線虫の寄生範囲については多くの報告をみるが、それらの結果には一致しない点も認められている。いま JONES (1950), FRANKLIN (1951), HASTINGS and BOSHER (1952), RASKI and HART

(1953) の報告を主として参照し、これらの線虫の寄生範囲を比較すれば第 21 表の如くである。

第 21 表 大豆線虫, *H. göttingiana*, *H. trifolii* の寄主植物の比較

植 物	和 名	<i>H. göttingiana</i>	<i>H. trifolii</i>	大豆線虫
Leguminosae				
<i>Glycine Max</i>	大 豆			++
<i>Phaseolus vulgaris</i>	菜 豆	—	++	+
<i>Ph. angularis</i>	小 豆			++
<i>Trifolium repens</i>	白 ク ロ パ ー	—	++	—
<i>T. pratense</i>	赤 ク ロ パ ー	—	++	—
<i>T. incarnatum</i>	クリムソン クロパー	—	— (?) ^{a)}	—
<i>Pisum sativum</i>	豌豆	++	— (?)	—
<i>Vicia faba</i>	蠶 豆	+	+	—
<i>V. sativa</i>	ヤハズエンドウ	+	+	—
<i>Medicago sativa</i>	アルファルファ	—	—	—
Caryophyllaceae				
<i>Stellaria media</i>	ハ コ ー ベ	—	++	—
Polygonaceae				
<i>Rumex crispus</i>	ナガバギシギシ	—	++	—

a) (?) はこれと異なる報告のあることを示す。

4. 「ツルマメ」への寄生

植物分類学上ではダイズ属 (*Glycine*) の植物としてダイズ (*G. soja*)、ボウコヤブマメ (*G. pescadrensis*)、ナンバンヤブマメ (*G. subonensis*)、ナガバヤブマメ (*G. tebacina*)、ヒロハヤブマメ (*G. tomentella*)、ツルマメ (*G. ussuriensis*) などをあげることが出来るが、このうちわが国に産するものはダイズとツルマメの 2 種である。大豆線虫が大豆の近縁種であるツルマメに対して、どのような寄生性を示すかについて 1953 年にツルマメの種子を得てこれを調査する機会があつたが、その結果ツルマメは大豆線虫の寄主植物としては大豆と全く同様のものであることを知つた。

ツルマメ *Glycine ussuriensis* REGELET et MAACK は大豆の原種と考えられている 1 年

10) 牧野・根本共著「日本植物総覧」(訂正増補版, 1931) による。

生草本で、わが国では本州、四国、九州の山野に自生し、またこれらの地方では牧草または緑肥として栽培されることもある。北海道では自生していないし、また現在では栽培されていないが、ツルマメが自生または栽培される地方では、本植物が大豆線虫の伝播や繁殖に充分関与していることが考えられる。

ツルマメに対する大豆線虫の寄生性を調査するために5万分の1反ワグナーポットの土壌約3kg中に大豆線虫のシストのほぼ一定数を混入し、同時にシストを混入しない標準区を設けた。ツルマメを各ポットに6月19日に播種し、発芽後は1本立としてガラス室内で管理



第 17 図 大豆線虫の寄生したツルマメの生育及び病徴 (1953年8月)

左：被害株

右：健全株

らかに劣り、根には多数の雌成虫の着生が認められた。また被害株の根は側根が著しく発達し、このため健全株の根よりも重さが却つて大となる傾向が認められた。茎葉(地上部)の重さ及び根の重さについては第22表に示した通りである。

第 22 表 ツルマメの大豆線虫による被害 (1953年、ポット試験)

1ポット中のシスト数 ^{b)}	茎葉の重さ	根の重さ
0(標準)	15.8 g	5.8 g
380	12.9	4.1
2300	10.4	7.0

a) 試験は3反復とし、その平均値を以て示した。

b) シスト数は稀釈計算による概数である。

したが、発芽後約60日目頃からシストを混入したポットのツルマメは茎葉が明らかに淡黄色となり、更に一般的な生育の遅延も認められ、その病徴は大豆おけると全く同様であり、開花期もややおくれた(第17図)。10月23日(播種後126日目)では植物は未だ成熟期に達していなかったが、この時期に根を抜取り生育の調査を行つた。その結果シスト混入区のツルマメは標準区に比較して茎葉の生育が明

第六 小麦に寄生する *Heterodera major* について

わが国ではこれまで *Heterodera* 属の線虫として大豆線虫以外の種類の分布については全く知られていなかった。ここに報告しようとする *Heterodera major* は現在既に千葉県下の一部に分布が知られ、主として小麦、大麦、燕麦などに寄生する線虫である。本線虫について 1953 年 6 月に関東々山農業試験場千葉試験地近藤鶴彦技官は、線虫による小麦の被害株を送付せられ、その後同試験地における発生記録などについての資料も寄せられた。被害小麦の根から得たシストは小麦ほか放種の植物を植えた素焼鉢に移して北海道農業試験場内で管理され、これらの植物からは 1954 年に本線虫の雄成虫、雌成虫、幼虫の多数が得られたのでこれを本試験に供することが出来た。

1. 病原線虫及びその分布

Heterodera major (O. SCHMIDT 1930)

和名：コムギネセンチュウ (新 称)

Jour. Helminth. Vol. XVIII, No. 4, 205~206, 1940

syn. *Heterodera schachtii* A. SCHMIDT, subsp. *major* O. SCHMIDT, 1930

Heterodera avenae FILIPJEV, 1934

本線虫は KUEHN(1874)により燕麦、小麦、大麦などに寄生する線虫 *Heterodera schachtii* SCHMIDT としてドイツから初めて報告された。VOIGT(1892)は、燕麦に寄生する *Heterodera* の線虫と甜菜に寄生する *H. schachtii* とが同一の線虫ではなく、大々異なる植物を寄主として選択し、互いに他の種類の植物には寄生しないことを明らかにし、のち本線虫を燕麦に対して最も普通に寄生することから *H. schachtii* の燕麦系統 (oat strain) として扱ったが、MORIENSEN, ROSTRUP and KØLPIN RAVN (1908) らは本線虫の種名として *H. schachtii* var. *avenae* を用い、また 1930 年及び 1931 年には Otto SCHMIDT により、1932 年には GOFFART によりいずれも本線虫の幼虫が *H. schachtii* の“甜菜系統”の幼虫と比較して長さが大であることが認められて O. SCHMIDT(1930) は本線虫を甜菜に寄生する *H. schachtii* と区別して *H. schachtii* subsp. *major* として記載した。FRANKLIN(1940)は *Heterodera* の各線虫を形態的に比較して本線虫の雄成虫の生殖器が甜菜線虫のそれと形態を異にすることを認め、独立した種とし、学名としては古く用いられていた 亜種名 *avenae* としての記

載がないために動物命名規約に従つて *H. major* と命名されるべきことを報告した。

H. major の寄生によつて燕麦が著しい被害を受け、また燕麦のほかにも小麦、大麦、ライ麦などに同じ病害が発生することは、ヨーロッパでかなり以前から広く認められていたところで、特にドイツ、イギリス、スウェーデン、デンマークでは1910年以前から知られ、1926年にはノールウェーから、最近では1947年にオランダからそれぞれ報告されている。一方1930年には南部オーストラリアから初めて本線虫の発生が報告され、1935年にはカナダ、オンタリオ南部に本線虫の分布が知られた。

わが国における本線虫の分布について、近藤は本線虫の発生を千葉県海上郡海上町江ヶ崎及び同町琴田の2箇所に確認している。なお千葉県下の発生地帯の土壤は江ヶ崎では砂壤土、琴田では砂土であり、また両地区共小麦及び大麦が甘藷の裏作として栽培される地帯である。本線虫の発生については、千葉試験地(海上町江ヶ崎)では既に1943年(昭和18年)以降に小麦、大麦に発生を認め、昭和18年以前にも本線虫が分布していたと推定されている。千葉県下以外に本線虫が分布しているかどうかについては現在全く不明である。

2. 植物の病徴

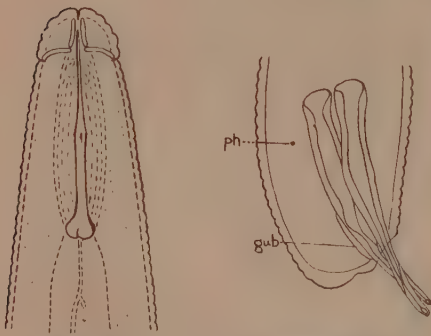
小麦が *H. major* の寄生を受けた場合、千葉県下の発生地では5月上旬以降に小麦の根に白色の雌成虫及び褐色のシストを認めるが、線虫の寄生によつて小麦の茎葉部には明らかな病徴を現わさない。

しかるにこれまでの海外での報告によれば、*H. major* による被害植物の茎葉部には顕著な病徴が認められている。即ち燕麦の被害株では2週間目頃から生育が止り、こわばつた葉が直立して葉の縁が内側に捲き、株は羽を逆立てたような外観を呈する。その後古い葉(初葉)では次第に先端から基部に向つて特徴のある煉瓦様の赤色に変わり、第2葉にもこれを認めることがある。このような葉の変色は土性によつて一様ではないが、通常7~10日続いたのちに変色した葉は枯れる。根は短く鬚根が多くなり、健全株のそれよりも浅いために土壌の湿度の変化による影響が大きく、このことは線虫が直接に植物の生育を害することと共に植物を枯死させる大きい原因といわれる。被害植物は生育がおくれ、或る生育に達した場合でも稈の形成が少なく収量を著しく減ずる。このような被害株の圃場における発生状況は、大豆線虫による大豆萎黄病の圃場における発生に似て圃場の一部に集団的に生育不良の箇所を生じ、これによつて線虫による被害を認識することが多いと報告されている。また被

害の著しい場合には被害箇所の病状が圃場の全面に拡がることもあるという。またオーストラリアにおける小麦の被害についての報告によれば、小麦の莖葉が僅かに矮小で黄緑色を呈する場合や、小麦が枯死したために圃場の全面に作物を全く生じない場合など線虫による被害植物の病徴は一樣でないといわれる (FRANKLIN, 1951)。

3. 線虫の形態

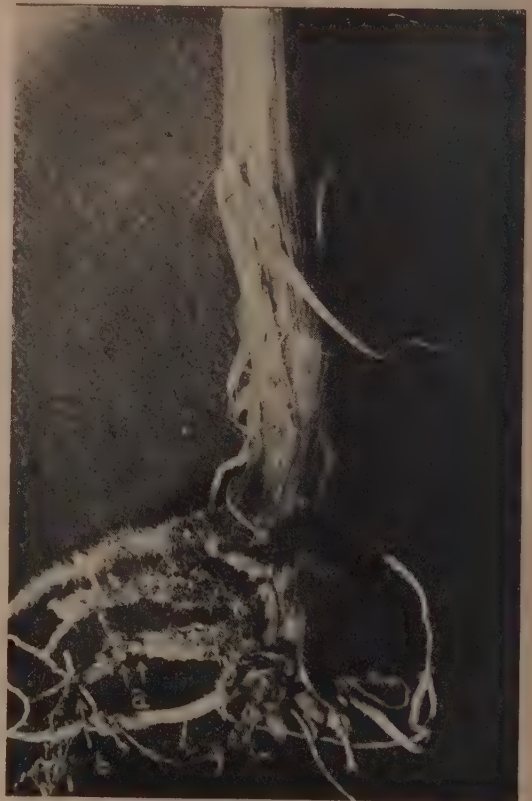
(1) 雄成虫の形態 雄成虫は体長 1.10~1.40 mm (平均 1.22 mm)、体幅 25~28 μ (平均 26.1 μ)。表皮のクチクラには無数の横条を有し、体の両側部の lateral field には 4 本の縦



第 18 図 *H. major* の雄成虫の形態



第 20 図 *H. major* のシストの外形



第 19 図 小麦の根に寄生する *H. major* の雌成虫(a)及び褐色シスト(b)

走線がある。体の両側の縦走線は尾端で相通じている。頭部は長さ 5.8μ , 幅 11.2μ で明らかに5つの横条を認め、体との間には緊縮部を生ずる(第18図)。口針はやや強大で長さ 28.3μ , 口針の節球(knob)は後方に突出している。排泄孔は腹側で体の前端より $125\sim 150\mu$ (平均 135μ) の位置に漏斗状に開口し、体の後方より排泄孔に通ずる泌尿管を認める。交尾器は長さ約 35μ で外形は他の種類のそれと同様であるが、交尾器の先端部が単調に突出し2分枝していない。副刺は長さ約 10μ である。phasmid は尾端に近く $15.0\sim 30.0\mu$ ($22.2\pm 4.8\mu$) の位置にある。

(2) 雌成虫及びシストの形態 雌成虫は頭部及び尾部が突出し、体は終始白色を呈する。表皮のクチクラは肥厚し表面にジグザグ形の不規則な斑紋が認められ、体の最外層には subcrystalline layer を附随している。尾端には卵嚢が形成されるが、雌成虫体内から卵嚢への排卵は認められない。シストは褐色乃至黒褐色を呈し(第19図)、頭部と尾部が突出する「レモン形」で(第20図)、長さは $0.49\sim 0.78\text{ mm}$ ($632\pm 65\mu$), 幅 $0.36\sim 0.59\text{ mm}$ ($483\pm 58\mu$), 長さ/幅は 1.31 で、その計測の結果は第 23 表の通りである。

第 23 表 $H. major$ のシストの大きさ¹³⁾

シスト群	長 さ (μ)			幅 (μ)			長さの平均 幅の平均
	最 大	最 小	平 均	最 大	最 小	平 均	
1	775	550	649	575	383	490	1.32
2	718	537	661	589	407	503	1.31
3	667	538	595	564	359	463	1.29
4	718	487	611	564	410	481	1.27
5	769	564	644	513	436	480	1.34

a) 本表は50個体のシストについて10個体ごとの計測値を示した。

シストの表面に認められる punctation は顕著で、かつ不規則に配列される。

(3) 第2幼虫の形態 第2幼虫は長さ $483\sim 608\mu$ ($543.5\pm 22.4\mu$), 幅 $20\sim 24\mu$ (平均 21.9μ) で、長さの計測値は第 24 表の通りである。

第 24 表 異なるシストから得た $H. major$ の第2幼虫の長さ¹⁴⁾

シスト の個体	最 大	最 小	平 均	シスト の個体	最 大	最 小	平 均
1	563	525	542μ	3	563	542	551μ
2	571	517	545	4	563	533	542

シストの個体	最 大	最 小	平 均	シストの個体	最 大	最 小	平 均
5	563	521	542	8	575	542	558
6	542	508	523	9	525	483	505
7	608	542	580	10	563	542	549

a) 本表は FENWICK and FRANKLIN (1951) の方法により10個体のシストについて各シストより10個体ずつの第2幼虫を計測して示した。

表皮のクチクラには無数の横条を有し, lateral field では4本の縦走線が口針の附近から発して肛門の後方まで達している, 頭部は長さ 3.3μ , 幅 9.5μ である。口針は長さ 25.0μ で節球は前方に向つて突出する。食道球は長さ 16.3μ , 幅 12.5μ である。食道腺細胞のうち背部食道腺は最も大で口針の節球の後方 6.5μ の食道管内に開口する。腸管は顆粒状物質で充され, 肛門は腹側で尾端より $58\sim 65\mu$ (平均 61.0μ) の位置にある。生殖器の原基は体の中央よりやや後方の腹側にあり, 長さ 17μ , 幅 11μ のほぼ楕円形をなし, 2部分に分けられ, それぞれの部分に径約 1.7μ の核が認められる。体腔は肛門の後方 21μ にまで達している。排泄孔は体の前端より $113\sim 122\mu$ (平均 118μ) の腹側に開口する。phasmid は肛門の後方に2~3の横条を隔てて位置している。

(4) 卵の形態 *H. major* の卵の大きさは長さ $0.117\sim 0.141$ mm (平均 $130.2\pm 5.1\mu$), 幅 $0.041\sim 0.052$ mm (平均 $45.1\pm 2.4\mu$) で, その計測値は第25表の通りである。

第 25 表 *H. major* の卵の大きさ^{a)}

シストの 個 体	長 さ (μ)			幅 (μ)		
	最 大	最 小	平 均	最 大	最 小	平 均
1	139	130	133.7	46	41	42.9
2	134	126	129.4	50	43	46.5
3	139	128	132.9	48	43	45.9
4	132	124	129.6	48	43	44.3
5	132	121	129.3	46	43	44.2
6	132	115	124.5	48	43	44.6
7	141	130	135.0	52	43	45.6
8	139	126	134.6	48	43	44.9
9	130	117	123.7	48	43	45.6
10	134	126	129.4	50	43	46.5

a) 10個体のシストについて各シストからの10卵の大きさを計測した。

(5) *H. major* と大豆線虫の比較 雄成虫の口針は *H. major* では長さ 28.3μ で節球が後方に突出するが、大豆線虫では長さ 26.1μ で節球が側方に突出する。雄成虫の交尾器 (spicules) が *H. major* では先端が単調で分枝しないが、大豆線虫では先端が2分枝する。雄成虫の phasmid の位置が *H. major* では尾端から著しく離れて $22.2 \pm 4.8\mu$ であるが、大豆線虫では尾端から $4 \sim 6\mu$ の位置にある。雌成虫における両種の相異は、*H. major* では体が白色であるが大豆線虫では体が黄白色乃至黄色を呈し、また *H. major* では卵嚢に排卵を全く認めないが大豆線虫では必ず卵嚢に排卵を認める。シストは両種とも所謂「レモン形」で大きさも甚だ似ているが、シストの表面にある punctation が *H. major* では明瞭に且つ不規則に配列されるが、大豆線虫ではやや平行に配列される。第2幼虫では長さが両種において異なっている。即ち *H. major* は FENWICK & FRANKLIN (1951) によれば長さ 550μ 以上の最も長い群に属するとされ、筆者による計測値は $543.5 \pm 22.4\mu$ であったのに対し、大豆線虫では $470.6 \pm 17.0\mu$ で大部分の幼虫は長さが 500μ 以下である。また第2幼虫の phasmid の位置が *H. major* では肛門に近くその後方に2~3の横条を隔てて位置するが、大豆線虫では肛門の後方に5~6の横条を隔てて位置する。卵の大きさでは *H. major* の方が大豆線虫のそれよりも大で、*H. major* の $130.2 \pm 5.1\mu \times 45.1 \pm 2.4\mu$ に対し、大豆線虫では $107.5 \pm 4.8\mu \times 42.7 \pm 2.1\mu$ である。

4. 寄 主 植 物

H. major の寄生範囲は従来の報告によつてホモノ科植物に限られていることは明らかである。しかしホモノ科植物のうち本線虫の最も普通の寄主と考えられている数種の植物を除けば、寄生範囲は報告者によつてかなり異なっており、これは *H. major* が以前 *H. schachtii* の燕麦系統として他の系統との識別が明らかでなく、このため寄生範囲についても系統が混同して報告されたものと考えられる。

FRANKLIN (1951) は *H. major* の寄主植物を従来の諸報告にもとづいて次のようにまとめたが、この中では明らかに他の“系統”の線虫を混同したために報告したと考えられる寄主植物 (例えば豌豆, クロバーなど) は除かれている。

A = オーストラリアにおける記録

B = イギリス ♪

C = カナダ ♪

G = ドイツ ♪

(A, B, C, G)	<i>Avena sativa</i>	燕 麦
(A, B, C, G)	<i>A. fatua</i>	燕麦 (野生種)
(A)	<i>A. sterilis</i>	
(C, G)	<i>Bromus secalinus</i>	カラスノチヤヒキ
(G)	<i>B. mollis</i>	ハマチヤヒキ
(A)	<i>B. rubens</i>	
(A, B)	<i>B. sterilis</i>	
(G)	<i>Festuca pratensis</i>	ヒロハノウシノケグリ
(A, B, C, G)	<i>Hordeum vulgare</i>	大 麦
(A, C, G)	<i>H. distichum</i>	ヤバネオオムギ
(A)	<i>H. murinum</i>	ムギクサ
(A)	<i>Lolium hybridum</i>	
(A)	<i>L. italicum</i>	
(B)	<i>L. perenne</i>	ホソムギ
(G)	<i>L. westwoldicum</i>	
(A)	<i>Phalaris canariensis</i>	ヤリクサヨシ
(G)	<i>P. paradoxa</i>	
(G)	<i>P. arundinacea</i>	クサヨシ
(A, B, G)	<i>Secale cereale</i>	ライ麦
(A, B, C, G)	<i>Triticum vulgare</i>	小 麦
(C)	<i>T. spelta</i>	
(A)	<i>T. durum</i>	

これによればオーストラリア、イギリス、カナダ、ドイツのいずれの報告にも寄主として認められているものは燕麦、燕麦(野生種)、大麦、小麦の4種で、これが本線虫の最も普通の寄主と考えられ、このほかにはヤバネオオムギ、ライ麦の2種が3箇所から寄主として報告され、更に他の16種がいずれかの個所で寄主として記録される。

ヨーロッパ及びカナダでは *H. major* による燕麦の被害が大麦または小麦の被害よりも大で、これらの国では燕麦が本線虫の第1の寄主と考えられている。これに反し、オーストラリアでは小麦の被害が燕麦、大麦における被害よりも著しく大で、小麦が本線虫の第1の寄主と考えられている。ライ麦はいずれの国においても被害が大麦、小麦、燕麦よりも常に軽いとされる。FRANKLIN(1951)はオーストラリアから報告された線虫は燕麦よりも小麦の方をよく選択する点から *H. major* の生態的な1系統であると考えている。

千葉県下に発生した *H. major* の寄生範囲について北海道農業試験場内で次のような調査を行つた。千葉県下の発生地から1953年6月上旬に小麦(品種は「小麦農林64号」)の被害

株が得られたが、その根から得たシストを素焼鉢中に少数個ずつ入れ、同年6月に小麦、大麦、裸麦、ライ麦、燕麦の各植物をそれぞれ単独の鉢に播種し、発芽後50~60日目に根を調査した。その結果は第26表に示したように各植物に少数ではあつたが雌成虫またはシストの着生が認められ、寄主植物であることが確認された。

第26表 *H. major* の寄生範囲についての試験

植 物 (品 種)	生 育 期 間	根に算えられた線虫
小 麦 (春時小麦農林75号)	50 日 (30/VI - 19/VIII)	10 シスト
燕 麦 (ビクトリー1号)	52 (30/VI - 21/VIII)	9 シスト
大 麦 (大割大麦)	56 (30/VI - 25/VIII)	7 シスト
ライ麦 (ペトクーザ)	57 (30/VI - 26/VIII)	1 (白色) 雌成虫
裸 麦 (丸実16号)	57 (30/VI - 26/VIII)	4 シスト

これらの植物の根に算えられた雌成虫またはシストの数はいずれも少数であり、これから直ちに各植物間の線虫被害の差異を推定することは出来ないと考えられるが、小麦、燕麦、大麦に比較的シストが多かつたのは従來の報告の結果に近い傾向を示している。千葉県下では燕麦が栽培されていないため本線虫の燕麦に対する一般の寄生程度については明らかでなく、またわが国に分布する *H. major* が諸外国にみられるように、小麦と燕麦のうちのいずれをよく選択するかについても断定し得ない。

千葉県下の発生地では小麦と大麦に *H. major* の寄生が認められるほか、雑草であるメヒシバ (一名ジシバリ) にも寄生が認められる。メヒシバ *Digitaria ciliaris* PERS. が *H. major* の寄主植物として報告された例は海外には見当たらない。

第七 摘 要

本編では大豆線虫 *Heterodera glycines* の形態及びその生態について調査した2, 3の結果を報告したが、併せてわが国において近年知られるに至つた小麦に寄生する線虫を *H. major* と査定して記録した。

1. SCHACHT (1859) により“甜菜嫌地病”の病原虫として初めて報告された線虫はSCHMIDT(1871)によつて *Heterodera schachtii* と命名された。その後 KUEHN(1874)の報告した燕麦に寄生する線虫、LIEBSHER (1892) の報告した豌豆に寄生する線虫、ヨーロッパで馬

鈴薯に寄生する線虫は、従来いずれも *H. schachtii* の系統とみなされていたが FRANKLIN (1940) によつて種と認められ、それぞれ *H. major*, *H. göttingiana*, *H. rostochiensis* とされた。

2. 大豆線虫はわが国において大正4年福島県白河に発生して堀 (1915) によつて初めて報告せられ、次いで新潟県、北海道、茨城県からもそれぞれ報告されたが、伊藤 (1921) は北海道における本線虫による病害を報告して“大豆萎黄病”と呼ぶことを提唱し、藤田・三浦 (1934) は大豆、小豆、菜豆、花豆に寄生することを実験的に証明した。しかしてこれらは *H. schachtii* またはその系統と看做されていたが、筆者 (1952) は本線虫を *H. schachtii* とは形態的にも異なる新種と認めた。この大豆線虫は日本、朝鮮、中華民国東北(満洲)にその発生が知られ、日本における分布はかなり広汎にわたっている。

3. 大豆線虫の雄成虫は長さ 1.33 mm, 幅 28.6μ で、表皮のクチクラは3層から成り、表面には幅 $1.5\sim 2.4\mu$ の無数の横条がある。lateral field には4本の縦走線があり、頭部には4~5の不分明な横条を認める。頭部の正面には口を中心に放射状に6個の唇がある。口針は長さ 26.1μ で節球は側方または前方に突出している。3個の食道腺細胞のうち背部食道腺は口針の後方約 4μ の食道管内に開口する。交尾器は長さ約 34μ で先端が2分枝し、副刺は長さ 11.7μ である。phasmid は尾端より $2\sim 8\mu$ (通常 $4\sim 6\mu$) の位置の lateral field の中央にある。

4. 雌成虫は長さ $0.47\sim 0.79$ mm, 幅 $0.21\sim 0.58$ mm のレモン形で、最初は白色であるがのち黄白色乃至黄色を呈し、最外層には subcrystalline layer を有する。クチクラは厚く表面に不規則な斑紋を有する。頭部は退化し、口を囲んでほぼ六角形をなすクチクラの板状の隆起がある。口針は細く節球は後方に突出し、食道球は $39.0\mu \times 32.5\mu$ の大きさに達する。肛門は生殖孔より $75\sim 90\mu$ の腹側にある。シストはレモン形で長さ $699\pm 60\mu$, 幅 $490\pm 54\mu$, 長さ/幅は 1.43 である。外皮の最外面にはジグザク形の斑紋があり、punctuation は明瞭でやや平行に配列される。

5. 卵は長さ $107.5\pm 4.8\mu$, 幅 $42.7\pm 2.1\mu$ の長楕円形である。第2幼虫は孵化前に發育を完了して孵化の際に古いクチクラを脱皮し、長さは $470.6\pm 17.0\mu$ である。頭部に3~4の横条を認め、頭部の正面では口を中心に6個の唇が放射状に配列する。口針は長さ $23.1\pm 0.2\mu$ で節球は前方に突出する。生殖器原基は長さ 15μ , 幅 8.5μ の楕円形である。外観上雌雄を区別出来るのは第3幼虫以降である。第3幼虫は長さ $0.32\sim 0.39$ mm, 幅 $0.48\sim 0.84$ mm の円

筒形で、表皮は薄く大部分は平滑であり、頭部は雌成虫のそれに似る。食道球の発達雌幼虫の方が雄幼虫よりも著しい。生殖器原基は雄幼虫では1個の精巢に近い形に発達し、雌幼虫では2個の卵巢に近い形に発達する。第4雄幼虫は第3雄幼虫の古いクチクラの中に発達し、体内の各器官は雄成虫に発達の途中にある。第4雌幼虫は長さ0.34~0.40 mm、幅0.13~0.19 mmのフラスコ型で、生殖器官がよく発達する。

6. 大豆線虫の卵はシスト内で越冬し、孵化した第2幼虫が寄主植物の根の組織中に侵入し、組織中で3回の脱皮を経て成虫に発達する。雌成虫では虫体が膨大して根の外部に懸垂するようになる。雌成虫の卵嚢に排出された卵からは第2幼虫が孵化して再び根に寄生する。雄成虫は第3幼虫の古いクチクラの中に発達し、のち土壤中に出る。雌成虫は表皮が一層肥厚して卵を容れたシストとなり、シストは根から脱落して土壤中に残る。

7. シストから幼虫が孵化する要因としての寄主植物の根の滲出物による刺戟については、実験した結果では明らかでなかつた。根瘤線虫と異り第2幼虫は根の先端の生長点より侵入するとは限らないが、これは根瘤線虫の幼虫と比較して両幼虫の口針の大きさが著しく異なっている事に関連するもののようである。根の組織内での幼虫の發育の速さは温度によつて著しく変動し、幼虫の各態の發育に要する日数は地温の上昇につれて短くなる。雄成虫は雌成虫よりも早期に發育し得る。雄成虫は卵嚢中に屢々棲息するが、大豆線虫の場合生殖に雄成虫が関与するかどうかについては明らかでない。

8. シスト内の卵数は1個体当り200~300卵が最も多く、平均は262卵であつた。卵嚢に排出される卵数は218卵を算えたものもあつたが、他はこれよりも少なく、また1雌成虫の産卵数は228~564卵であつた。シストは耐寒性が極めて大で、北海道十勝地方の発生地では毎年シストが土壤中で凍結するに拘らず発病がみられている。

9. 大豆線虫の1世代に要する日数について1952、'53の両年にわたり8回調査したが、1世代所要日数と平均地温との関係は殆ど直線的で、これより發育限界低温度10°Cを計算によつて得、これによつて求めた大豆線虫の1世代に必要な有効積算温度は平均313.4日度であつた。一方、札幌地方における線虫の發育期間を6月1日より10月10日までと推定してこの期間の同地方における有効積算温度を求め、これを313.4日度で除して大豆線虫が可能な最大世代数を計算し、札幌地方における大豆線虫の年間最大世代数を3回と推定した。

10. 大豆線虫による“大豆萎黄病”の病徴は7月中旬頃から明らかで、圃場では本病が集団的に発生することが多い。病害株の根は根瘤菌の着生が少なく、組織内では巨大細胞を

生ずる。大豆線虫の幼虫はその寄主植物以外の多くの種類にも侵入し、この場合には侵入した幼虫がその後の發育の出来ない場合や、或る程度發育して途中で發育を停止する場合など植物の種類によつて線虫の發育に種々の段階が認められ、線虫の寄生に対し各植物は互いに連続的な關係にあると考察される。マメ科の植物を寄主とする線虫には大豆線虫のほか *H. göttingiana* と *H. trifolii* があるが、これらは互いにその寄生範圍を異にする。

11. ダイズ属 (*Glycine*) の植物のうちツルマメ (*G. ussuriensis*) に対する大豆線虫の寄生性をボットを用いて調査した結果は、大豆におけると殆んど同様な病徴と被害が認められた。

12. 近年千葉県下の一部で小麦の根に發生が認められた線虫は *H. major* であることを確定し、その和名をコムギネセンチュウと新稱した。本線虫は KUEHN(1874) によりドイツから *H. schachtii* として初めて報告され、FRANKLIN(1940) によりその種名が確定されたものである。わが国では千葉県下の2箇所において1943年頃から認められているが、その他の地方には未だ発見されない。*H. major* の寄生による小麦の病徴は千葉県下の發生地では顕著でない。*H. major* と大豆線虫との主なる相違点は雄成虫の口針の長さや形状、交尾器、phasmid の位置、雌成虫の体色及び卵嚢への排卵、シストの punctation、第2幼虫の体の長さや phasmid の位置、卵の大きさなどである。*H. major* の寄生範圍は、燕麦、燕麦(野生種)、大麦、小麦の4種が最も普通であると考えられる。

第八 参考文献

1. BARRONS, K. C. (1939): Studies of the nature of root knot resistance. Jour. Agr. Res., LVIII, 263—272.
2. CHRISTIE, J. R. and G. S. COBB, (1941): Notes on the life history of the root-knot nematode, *Heterodera marioni*. Proc. Helminth. Soc. Wash., VIII, 1, 23—26.
3. (1946): Host-parasite relationships of the root-knot nematode, *Heterodera marioni*. II. Some effects of the host on the parasite. Phytopath., XXXVI, 340—352.
4. FENWICK, D. W. and M. T. FRANKLIN(1951): Further studies on the identification of *Heterodera* species by larval length. Estimation of the length parameters for eight species and varieties. Jour. Helminth., XXV, 57—76.
5. FILIPJEV, I. N. and SCHUURMANS STEKHOVEN, JR., J. H., (1941): A manual of agricultural helminthology. 878pp. E. J. Brill, Leiden.
6. FRANKLIN, M. T. (1937): The survival of free larvae of *Heterodera schachtii* in soil. Jour. Helminth., XV, 69—74.

7. FRANKLIN, M. T. (1940) : On the specific status of the so-called biological strains of *Heterodera schachtii* SCHMIDT. Jour. Helminth., XVIII, 193—208.
8. _____ (1951) : The cyst-forming species of *Heterodera*. 147pp., Com. Agr. Bur., Bucks., England.
9. 藤田勝正(1934) : 線虫病と其の防除法, 北農, I, 5, 15—20.
10. 藤田勝正・三浦 修(1934) : On the parasitism of *Heterodera schachtii* SCHMIDT on beans. Trans. Sapporo Nat. Hist. Soc., XIII, 359—364.
11. GOFFART, H. (1952) : Nematoden der Kulturpflanzen Europas. 144pp., Paul Parey, Berlin.
12. GOODEY, T. (1936) : Some applied biological aspects of problems relating to plant-parasitic nematodes. Ann. App. Bio., XXIII, 203—230.
13. _____ (1937) : Two methods of staining nematodes in plant tissues. Jour. Helminth., XV, 137—144.
14. _____ (1951) : Soil and freshwater nematodes. 390pp. Wiley, N. Y., U. S. A.
15. HASTINGS, R. J. and J. E. BOSHER (1952) : The discovery of nematodes belonging to the genus *Heterodera* in British Columbia and their host relationships. Sci. Agr., XXXII, 507—510.
16. 堀正太郎(1915) : 線虫の寄生より起る大豆嫌地病(虫瘰病), 病. 雑., II, 927—930.
17. 一戸 稔(1952) : On the soy bean nematode, *Heterodera glycines* n. sp., from Japan. 応. 動. XVII, 1・2, 1—4.
18. _____ (1953) : 大豆線虫 *Heterodera glycines* の植物寄生性について, 北. 農. 試. 彙報, 64, 113—124.
19. 石川正示・末延武留・高原光隆(1943) : 作物学的見地よりせる大豆線虫に関する研究, 第1報, 連輪作と線虫被害並に線虫抵抗性の品種間差異に関する知見, 満洲農. 試. 研. 時., 40, 91—100.
20. 石川脩太郎(1916) : 大正四年中県下に発生せる主要病虫害, 大豆月夜病, 立枯病の発生, 病. 雑., III, 197—198.
21. 伊藤誠哉(1921) : 大豆萎黄病に関する調査, 北. 農. 試. 報告, II, 47—59.
22. 岩田健一(1941) : 輪作による大豆萎黄病防除の基礎調査, 農. 園. XVI, 429—435.
23. JONES, F. G. W. (1950) : Observation on the beet eelworm and other cyst-forming species of *Heterodera*. Ann. App. Bio., XXXVII, 407—440.
24. 勝藤孝一(1919) : "Yellow dwarf" a new nematode disease of soy bean. 日. 植. 病. 会報, I, 1—5.
25. 桑山 覚(1959) : 日本に於ける大豆害虫の分布と害相, 129頁, 養賢堂
26. 武笠耕三・一戸 稔(1952) : 大豆萎黄病線虫による被害調査, 北日本病. 研. 年報, 3, 73—74.
27. 長倉快一郎(1918) : ヘテロデラ, ラデシコラの解剖及生活史に就て(1—5), 動. 雑., XXX, 199—204, 253—255, 296—300, 331—339, 413—421.
28. _____ (1930) : Ueber den Bau und die Lebensgeschichte der *Heterodera radicola* (Greef) Müller. Jap. Jour. Zool., III, 95—160.
29. 中田覚五郎・明日山秀文(1938) : 満洲国主要作物病害調査報告, 満洲国産業部資料(32).
30. RASKI, D. J. (1950) : The life history and morphology of the sugar-beet nematode, *Heterodera schachtii* SCHMIDT. Phytopath. XL, 135—152.
31. _____ and W. H. HART, (1953) : Observations on the clover root nematode, in California. Pl. Dis. Rept., XXXVII, 197—200.
32. 波谷正健(1952) : Studies on the varietal resistance of sweet potato to the root-knot nematode injury. Mem. Fac. Agr. Kagoshima Univ., I, 1—22.

33. STEINER, G. (1949): Plant nematodes the grower should know. Dep. Agr. Florida, U. S. A.
 34. STRUBELL, A. (1888): Untersuchungen über den Bau und die Entwicklung des Rüben nematoden *Heterodera schachtii* SCHMIDT. Bibliotheca Zoologica, I, 1—52.
 35. 田中友右衛門 (1921): 大豆線虫 (仮名) に就て, 病. 雑, VIII, 551—553.
 36. TRIFFITT, M. J. (1930): Observations on the life cycle of *Heterodera schachtii*. Jour. Helminth., VIII, 185—196.
 37. 横尾多美男 (1936): 土壤線虫 *Heterodera schachtii* SCHMIDT の宿主植物と栽培上注意すべき 1, 2 の問題について, 朝鮮農. 試. 彙報, VIII, 167—174.

本報告脱稿後 *Heterodera* 属線虫の寄主植物について次の貴重な研究が公表せられた。

WINSLOW, R. D. (1954): Provisional lists of host plants of some root eelworms (*Heterodera* spp.). Ann. App. Bio., XXXXI, 591—605.

第 1～4 図版の略字の説明

amph	双 器	mlt ctl	脱皮したクナクラ
an	肛 門	mlt prbn	脱皮したprorhabdion
chlrbn	唇部桿状体	msrbn	mesorhabdion
ctl	表 皮	nrvr	神 經 環
dev med blb	形成途中の食道球	on	口 針
dev cn	形成途中の口針	or ap	口
dsl gl	背部食道腺	ovry	卵 巢
dsl gl ap	背部食道腺の開口部	ph	phasmid
ex p	排 泄 孔	prbn	prorhabdion
gen prm	生殖器原基	rct	直 腸
gub	副 刺	sp	交 尾 器
int	腸 管	tlrbn	telorhabdion
lat fld	lateral field	tst	精 巢
lp	唇	vul	生 殖 孔
med blb	食 道 球		

Résumé

Studies on the morphology and ecology of the soy bean nematode, *Heterodera glycines*, in Japan

Minoru ICHINOHE

The "yellow dwarf" disease of soy bean plant caused by the soy bean nematode, *Heterodera glycines*, has become one of the most serious pests injurious to beans since about 1920 in the southern part of Hokkaido. It must be said, however, that there is still much room for research on the causal organism, notwithstanding the intensive studies which have been made for many years by various workers. In this paper an account is given of the morphology and ecology of *H. glycines*. In addition, an outbreak of *H. major* on wheat is reported for the first time in Japan.

1. The nema-disease of soy bean plants was first observed in 1915 at Shirakawa, Fukushima prefecture; it was reported by HORI who referred the causal nematode to a species closely related to *H. schachtii*. Since then, the occurrence of the same disease has been reported by ISHIKAWA (1916) from Niigata prefecture, by ITO (1921) from Hokkaido, and by TANAKA (1921) from Ibaragi prefecture. FUJITA and MIURA (1934) studied the host range of this nematode; the result referred it to a biologic race of *H. schachtii* occurring in Japan. Since FRANKLIN (1940) raised some so-called strains of *H. schachtii* to the rank of a species, the specific status of soy bean nematode has become so indistinct, due to the incompleteness of studies on its morphology, that some workers have referred to it as *H. schachtii* and others as *H. göttingiana*. The writer (1952) described this nematode as a new species under the name *H. glycines*.

2. The soy bean nematode is widely distributed throughout Japan, particularly in Hokkaido, Tôhoku, Hokuriku and Kantô districts. It was also recorded in Korea (YOKOO, 1936). NAKATA and ASUYAMA (1938) surveyed and determined the distribution of this nematode in Manchuria.

3. Dimensions of adult male of *H. glycines* are as follows: It varies from 1.2 to 1.4 mm ($M=1.33$ mm) in length and from 27 to 31 μ ($M=28.6\mu$) in width. The cuticle is 3.0 to 3.5 μ in thickness and consists of three layers. The transverse striations on the cuticle are 1.5 to 2.4 μ apart. The lateral field is marked by 4 longitudinal incisures beginning as 3 incisures anteriorly and increasing to 4 just posterior to the base of spear which extend the length of the body

and round the blunt tail posteriorly. The head region is hemispherical, $6.2\mu \times 11.3\mu$ in size and bears 4 or 5 annules. In face view the head region has six radially arranged lips of which the lateral lips having slit-like openings of amphid aperture are more or less smaller in size than the submedian lips. The cephalic framework is heavily sclerotized. The spear is 26.1μ in mean length with laterally to anteriorly protruded knobs. The oesophagus, from 150 to 180μ ($M=173\mu$) long, is divided into three parts, viz., a muscular bundle posterior to spear, median bulb, and oesophageal glands. The median bulb is $19.4\mu \times 12.8\mu$ in size. The orifice of dorsal oesophageal gland is about 4μ posterior to the spear, and two subventral oesophageal glands open into the lumen of the median bulb. The testis starts at the middle of the body or slightly anterior. The spicules are slightly arcuate and 31μ long with bifid tips. A gubernaculum is 11.5 to 12.0μ ($M=11.7\mu$) in length. The excretory pore is funnel-shaped and is located ventrally $144 \pm 11.0\mu$ from the anterior. The phasmid is 2 to 8μ (usually 4 to 6μ) from the posterior.

4. Dimensions of adult female and cyst of *H. glycines* are as follows: [FEMALE] The body is lemon-shaped with a short neck, 0.07 to 0.10 mm long, anteriorly and with a prominent vulva posteriorly. It varies from 0.47 to 0.79 mm in length and 0.21 to 0.58 mm in width. The colour is white and then turns yellow as eggs develop. The newly developed female is coated with a subcrystalline layer which persists on the brown cyst. The cuticle is thickened from $7-9\mu$ at the middle part of body to $9-11\mu$ at the neck and at the posterior region. The cuticle consists of three layers of which an outer layer marked by a rugose pattern except for several annulations on the anterior end. In face view the head region bears no six-radial lips, but a hexagonal circumoral cuticular plate. The spear is somewhat slender with posteriorly protruded knobs and 27.5μ in mean length. The oesophagus and median bulb are much larger than those of any other stages, and the median bulb reaches to $39.0\mu \times 32.5\mu$ in size. The anus is located ventrally 75 to 90μ from the middle of the vulva. The paired ovaries fill almost the entire body cavity and open to the vulva posteriorly. A gelatinous egg sac roughly one third of body in size is attached to the vulva into which the embryonated eggs are deposited. Various sclerotized structures surround the vulva. [CYST] The cyst is brown and lemon-shaped. It is $699 \pm 60\mu$ in length, $490 \pm 54\mu$ in width and 1.43 in ratio of length to breadth. The cyst wall consists of two layers, of which the outer layer is marked by a rugose pattern and the inner layer by minute punctations which are usually arranged with a tendency to run in parallel rows particularly on part of the posterior region.

5. The larval stages and egg of *H. glycines* are as follows: [EGG] The eggs

are $107.5 \pm 4.8 \mu$ long and $42.7 \pm 2.1 \mu$ wide. [FIRST-STAGE LARVA] The first-stage larva shows internally the developing alimentary canal and very little differentiation in the head region. [SECOND-STAGE LARVA] The second-stage larvae complete their development within the egg, and cast off the first stage larval cuticle when they hatch. The body length is $470.6 \pm 17.0 \mu$ which falls into the "medium" group when measured by the standard technique of FENWICK and FRANKLIN (1951); the mean body width is 18.3μ . The head region is $4.5 \mu \times 8.9 \mu$ in size and bears 3 or 4 annules. In face view the head region bears 6 radially arranged lips. The cephalic framework is heavily sclerotized. The spear is $23.1 \pm 0.2 \mu$ long with anteriorly protruded knobs. The median bulb is $16.5 \mu \times 10 \mu$ in size; the distance between the anterior and the end of the median bulb is 69μ . The orifice of dorsal oesophageal gland is about 4μ posterior to the spear, and two subventral oesophageal glands open into the lumen of the median bulb. The anus is located 42.0 to 47.0μ ($M = 45.0 \mu$) from the tail tip. The genital primordium is $15 \mu \times 8.5 \mu$ in size. The body cavity extends to 20μ posterior to anus. The excretory pore is located ventrally 92μ from the anterior. The phasmid is 10μ , 5 or 6 annules, posterior to anus. [THIRD-STAGE LARVA] The sexes can be distinguished by the development of genital primordium by the time the third-stage larva develops. The third stage larva varies from 0.32 to 0.39 mm in length and from 0.48 to 0.84 mm in width. No difference in size between sexes was recognized. The cuticle has no distinct marking except for about ten narrow annules on the anterior end. The head region is like that of adult female. The median bulb in female is much larger than that in male. The rectum is distinct. Single specimen out of the examined third-stage male larvae has internally a cellular string being located laterally beneath the cuticle. These cells were described in *H. schachtii* by RASKI (1950) who thought that they were in some way related to the lateral chords in the developing male. [FOURTH-STAGE LARVA] The fourth-stage male larva elongates inside of the third-stage larval cuticle and ceases to feed. The spear and testis begin to develop to those of adult male. The anus is not distinct. The fourth-stage female larva varies from 0.34 to 0.40 mm in length and from 0.13 to 0.19 mm in width. The developing paired ovaries are remarkable.

6. The life cycle of *H. glycines* is similar to that of *H. schachtii* as reported by RASKI (1950). The hatching responses of larvae when exposed to the root diffusates of host plants and non-host plants were investigated during the winter months of 1949-'50 and gave negative result. The second-stage larvae having survived in soil or water for several weeks showed a sign of starvation by evacuating their intestine; such larvae were easily distinguished from the just hatched larvae. The second-stage larvae of root-knot nematodes (*Meloidogyne*

sp.) enter the soy bean rootlet at the growing region near root tip, while those of *H. glycines* can penetrate at the lateral of rootlet. This may be due to the difference in length of larval spear with which they probably perforate and enter the host roots. It was ascertained that the number of days necessary for the invading larva to mature in root tissue, varies with environmental soil temperature. The male larva requires less nourishment to mature than does the female larva, consequently adult male appears earlier than adult female. It is not unusual to observe a male living in the gelatinous egg-sac of female, but little is known as to whether the males have a role in propagation of this species. The number of eggs in a single cyst varied from 95 to 478 averaging 262 when 66 cysts in all having matured on soy bean root were tested. The number of eggs found in the egg sac varied from a few to 218. A single female produced from 228 to 564 eggs. In Hokkaido, the soils in which cysts are found have usually been frozen up in winter, nevertheless this disease has occurred annually. It was ascertained that the cysts having been exposed to such a low temperature as -40°C for seven months still contain viable eggs.

7. In 1952 and 1953, observations on the length of one generation of *H. glycines* were repeated eight times. One generation, from the time of larval entry which was expressed by the time of germination of soy bean to the time of emergence of the embryonated eggs within egg sac, takes minimum 24 days at 23.3°C , an average soil temperature for this period, and maximum 41 days at 17.8°C . The rate of nematode development which was expressed by a reciprocal of the number of days in one generation, roughly proportionated to the average soil temperature of each period. The author, therefore, calculated the accumulated effective temperature needed by one generation to compute the possible number of generations per year in Sapporo district. The threshold temperature of nematode development (t_0) was 10°C and, thus, the accumulated effective temperature necessary to complete one generation varied from 304 to 320 with an average of 313 day-degree. In Sapporo district, the duration in which this nematode can develop was estimated as from June 1st to October 10th basing on the vegetative period of the host crop; information about soil temperature in field was obtained from the Hokkaido National Agricultural Experiment Station. The total effective temperature of this duration by summing up the temperatures in excess of the threshold temperature of development, was calculated as 1209 day-degree at a depth of 5 cm and 1069 day-degree at 30 cm. The possible number of generations, dividing the total effective temperature by the accumulated effective temperature of 313 day-degree, was 3.8 times at a depth of 5 cm and 3.4 times at 30 cm. Thus, it is thought that 3 generations in maximum would be completed on soy bean roots each year if conditions in addition to the soil

temperature are favourable.

8. The "yellow dwarf" disease on soy bean caused by *H. glycines* appears in field toward the middle of July, about 2 months after sowing, being characterized by the stunted and yellowish appearance on the aerial part. The root of affected plant bears many developed lateral rootlets and usually many fewer bacterial nodules than that of the sound plant. In field the disease occurs in more or less circular patches, while in serious cases the whole field is affected. The root of soy bean responds to invasion of nematode by the production of giant cells. The affected plants decrease in height and yield, and, in some instances, they were reduced to about 60 per cent height, 30 per cent weight of plant, and from 10 to 30 per cent weight of seeds when compared with normal ones. This nematode matures on the roots of soy bean, azuki bean and kidney bean; it is not found on other beans and peas. Of these hosts, the soy bean and azuki bean produced a large number of highly prolific females, while the kidney bean produced females reduced in number and not prolific. The larvae invaded the roots of non-host plants in which they failed to develop after invasion or if they developed they failed to mature. It consequently seems that the inter-relation between the host and non-host plants is more or less quantitative in regard to the susceptibility to this nematode. *H. göttingiana* and *H. trifolii* are parasitic to the leguminous plants but their host ranges differ from that of *H. glycines*.

9. *Glycine ussuriensis* REGELET et MAACK was proved as a host of *H. glycines*. This plant shows typical symptoms in above-ground parts and seems similar to the soy bean, *G. Max* in susceptibility to this nematode.

10. A cyst-forming species parasitic on wheat has been observed at 2 places in Chiba prefecture since about 1943. The causal nematode was identified as *H. major*. The top of the affected plant showed no characteristic symptom. The measurements of *H. major* are as follows: [ADULT MALE] 1.10 to 1.40 mm ($M=1.22$ mm) long, 25 to 28 μ ($M=26.1\mu$) wide. Head region $5.8\mu \times 11.2\mu$ in size and having 5 annules. Spear 28.3 μ in mean length, with posteriorly protruded knobs. Excretory pore located 125 to 150 μ ($M=135\mu$) from the anterior. Spicules slightly arcuate, tips unnotched, about 35 μ in length. Gubernaculum about 10 μ long. Phasmid located $22.2 \pm 4.8\mu$ from the posterior. [ADULT FEMALE] Colour white, subcrystalline layer present. Egg sac present, but containing no egg. [CYST] Lemon-shaped, $632 \pm 65\mu$ long, $483 \pm 58\mu$ wide, 1.31 length to width. Punctuation apparent and arranged irregularly. [SECOND-STAGE LARVA] $543.5 \pm 22.4\mu$ long when measured by the standard technique of FENWICK and FRANKLIN (1951), and 20 to 24 μ ($M=21.9\mu$) wide. Head region $3.3\mu \times 9.5\mu$ in size. Spear 25.0 μ in length. Dorsal oesophageal gland orifice 6.5 μ posterior to spear. Anus located 58 to 65 μ ($M=61.0\mu$)

from tail tip. Excretory pore located 113 to 122μ ($M=118\mu$) from the anterior. Phasmid two or three annules posterior to anus. [EGG] $130.2\pm 5.1\mu$ in length, $45.1\pm 2.4\mu$ in width. [DIAGNOSIS] *H. major* differs from *H. glycines* in length and form of male spear, form of male spicule tips, distance between phasmid and the posterior end in male and second-stage larva, colour in female, cyst punctation, length of second-stage larva, dimensions of egg, etc. [HOST] Wheat, oat, barley, rye and naked barley were proved susceptible to *H. major* as a result of pot experiment made in 1953. In Chiba prefecture, *H. major* matures on the finger-grass, *Digitaria ciliaris* PERS. which has not hitherto been recorded as a host.

第1図版 大豆線虫の卵、第1幼虫、
第2幼虫の形態

- 1~4. 卵の発生の経過 ×250
1. 卵の発生初期
 2. 第1幼虫形成の初期
 3. 第1幼虫の脱皮
 4. 第2幼虫形成
5. 第1幼虫の脱皮（卵内の幼虫を卵殻を取除いて観察したもの） ×340
6. 第2幼虫 340×
7. 第2幼虫の頭部（正面） ×1300
8. 第2幼虫の前部 ×1600
9. 第2幼虫の尾部 ×1600
10. 第2幼虫の頭部における脱皮の状況 ×約500
11. 第2幼虫の脱皮の初期 ×260
12. 第2幼虫の脱皮の後期 ×260



1



2



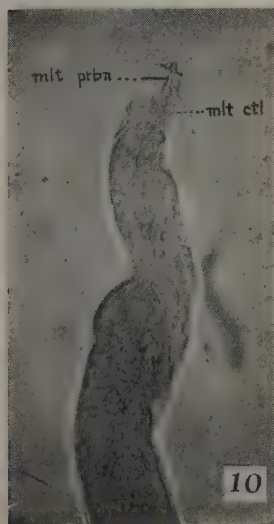
3



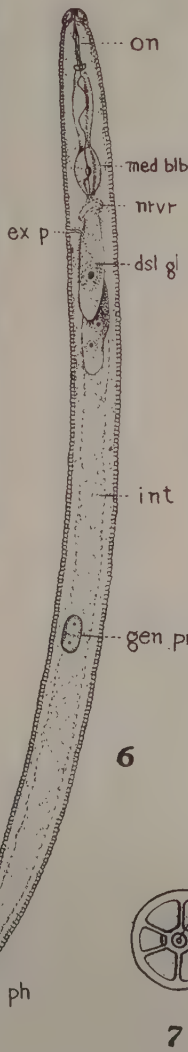
4



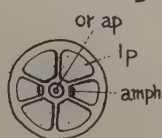
5



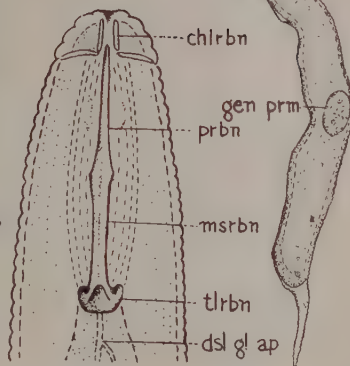
10



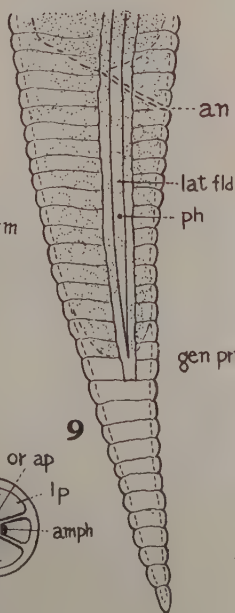
6



7



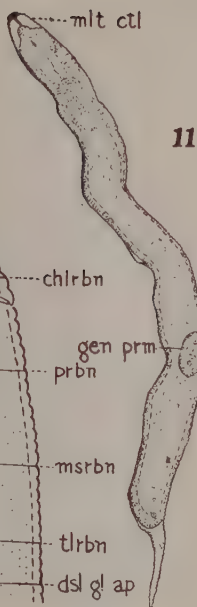
8



9



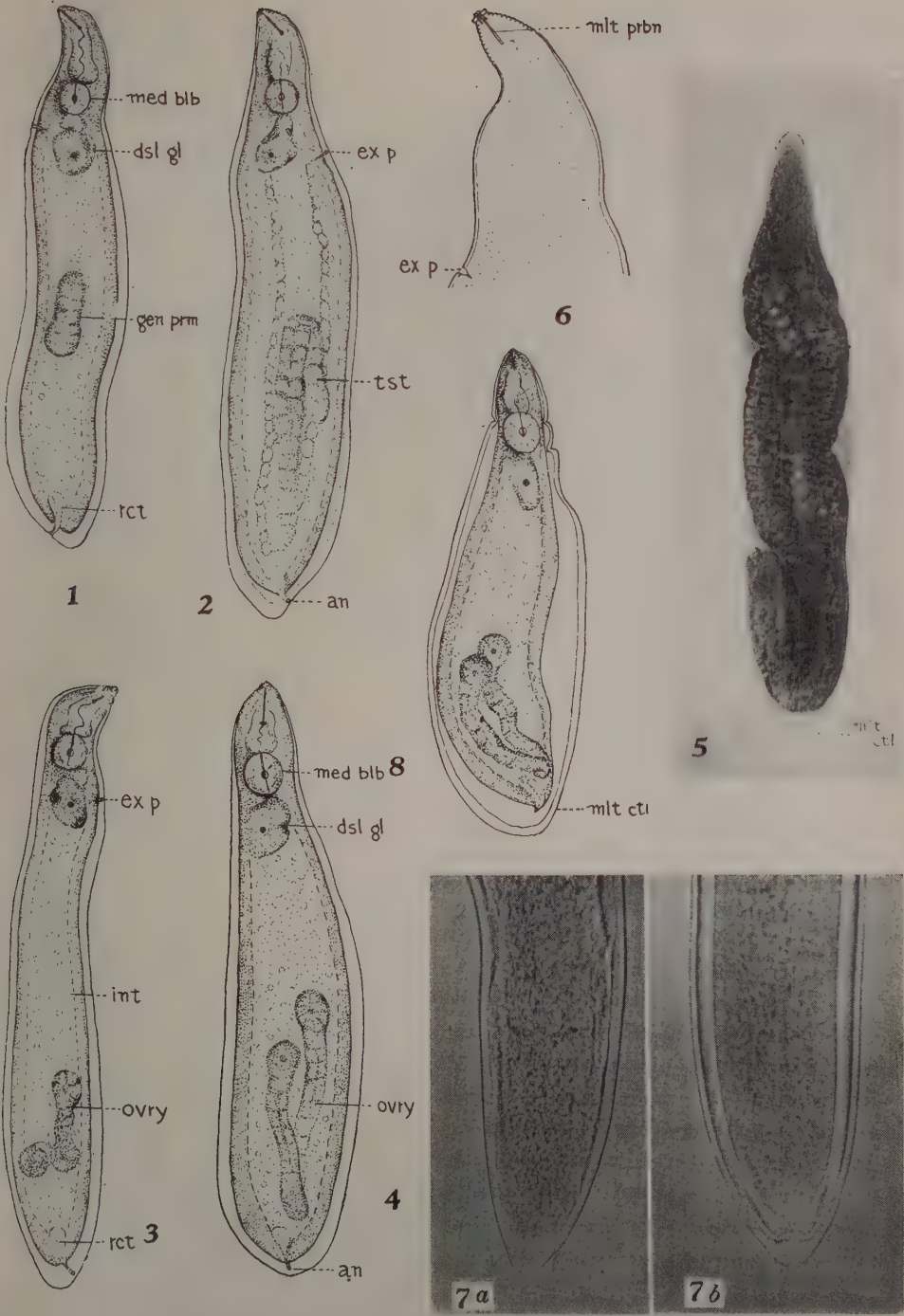
12



11

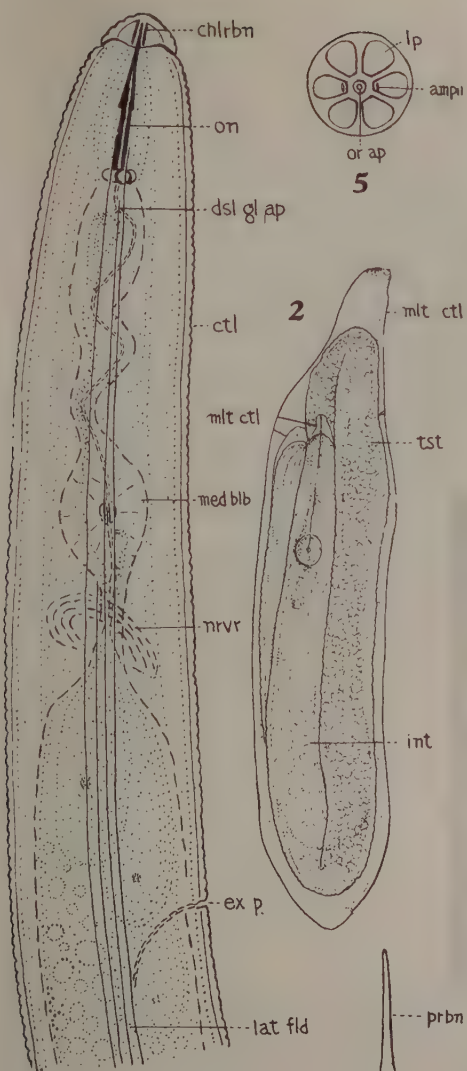
第2図版 大豆線虫の第3幼虫の形態

1. 第3雄幼虫の発育初期 $\times 260$
2. 第3雄幼虫の発育後期 $\times 260$
3. 第3雌幼虫の発育初期 $\times 260$
4. 第3雌幼虫の発育後期 $\times 260$
5. 第3雄幼虫の脱皮 \times 約260
6. 第3雄幼虫が脱皮したクチクラの前部 $\times 500$
7. 第3雌幼虫の胸部における脱皮の前後の比較 \times 約300
 - a. 脱皮前
 - b. 脱皮中
8. 第3雌幼虫の脱皮の後期 $\times 260$

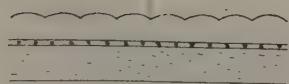


第3図版 大豆線虫の第4雄幼虫、
雄成虫の形態

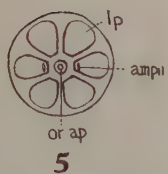
1. 第4雄幼虫 ×180
2. 第4雄幼虫の脱皮 ×260
3. 外殻内の雄成虫 ×180
4. 雄成虫の前部 ×950
5. 雄成虫の頭部（正面） ×1200
6. 雄成虫の口針 ×1600
7. *H. schachtii* の雄成虫の口針との比較 ×約600
 - a. 大豆線虫
 - b. *H. schachtii*
8. 雄成虫のクチャクラ ×3000
9. 雄成虫の尾部 ×1200
10. 雄成虫の交尾器 ×1600



4



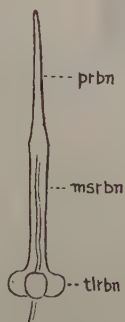
8



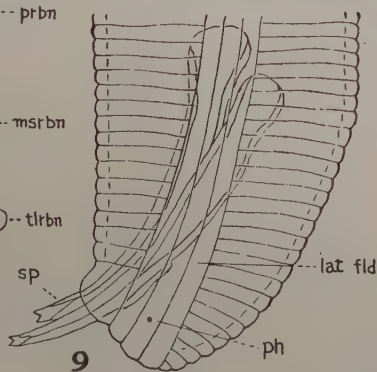
5



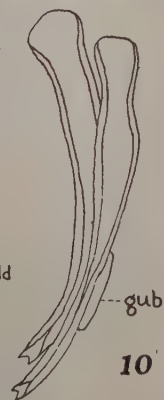
2



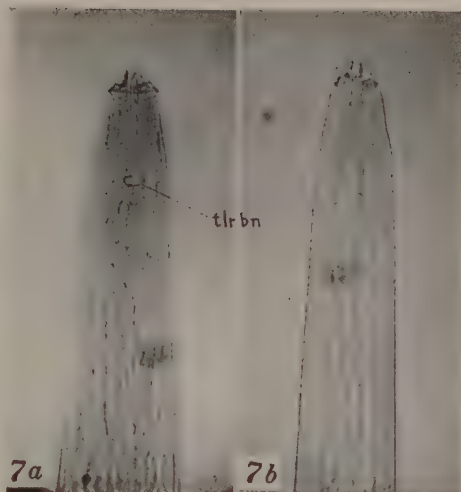
6



9



10



7a

7b



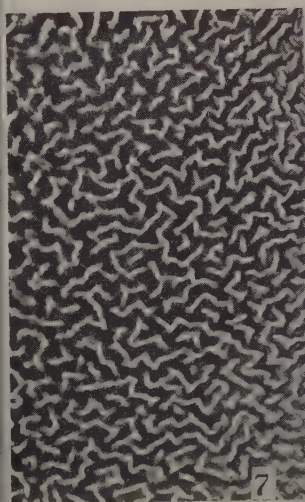
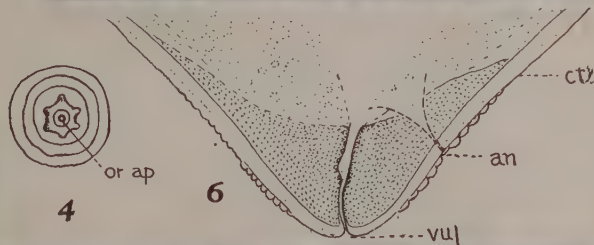
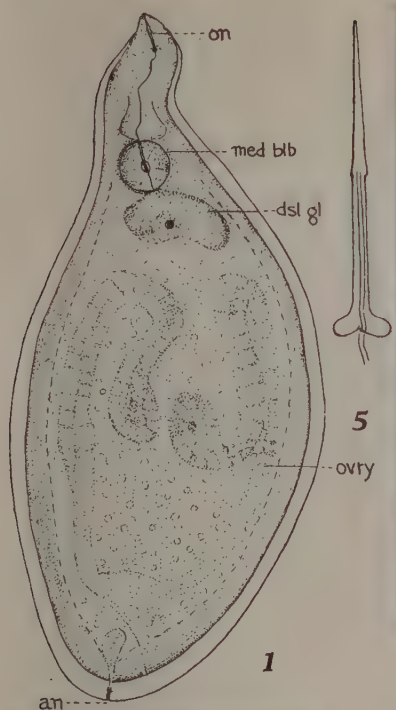
1



3

第4図版 大豆線虫の第4雌幼虫、雌成虫、
シストの形態

1. 第 4 雌 幼 虫 ×260
2. 第4雌幼虫の脱皮の1例 ×約200
3. 雌成虫の体の前部 ×350
4. 雌成虫の頭部（正面） ×1300
5. 雌成虫の口針 ×1600
6. 雌成虫の尾部 ×220
7. シストの外皮の表面の模様
8. シストの外皮の punctation



昭和30年3月20日印刷
昭和30年3月25日発行

北海道農業試験場

印刷人 岩 橋 周 作
札幌市大通西九丁目

印刷所 岩橋印刷株式会社
札幌市大通西九丁目

19 JUL 1978